T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

EKMEK PROSESİ VE FORMÜLASYONU İLE İLGİLİ SAĞLIK AÇISINDAN YAPILAN SON ÇALIŞMALAR

Ezgi BAYDEMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Görkem ÖZÜLKÜ

Temmuz, 2021

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

EKMEK PROSESİ VE FORMÜLASYONU İLE İLGİLİ SAĞLIK AÇISINDAN YAPILAN SON ÇALIŞMALAR

Ezgi BAYDEMİR tarafından hazırlanan tez çalışması 09.07.2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Gıda Mühendisliği Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Görkem ÖZÜLKÜ

Yıldız Teknik Üniversitesi

Danışman

Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi Görkem ÖZÜLKÜ, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Muhammet ARICI, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Dr. Öğr. Üyesi Çiğdem YILDIRIM MAVİŞ, Üye
Haliç Üniversitesi _____

Danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Görkem ÖZÜLKÜ sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Ekmek Prosesi ve Formülasyonu İle İlgili Sağlık Açısından Yapılan Çalışmalar başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Ezgi BAYDEMİR

İmza

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimimi noktaladığım tezimde beni hiç yalnız bırakmayan ve süreç boyunca desteğini hiç eksik etmeyen kıymetli hocam Dr. Öğr. Üyesi Görkem ÖZÜLKÜ başta olmak üzere eğitim hayatımda yaşadığım her türlü sıkıntıda yanımda olan, üzerimde emeği geçen ve bana kalpten inanan bütün hocalarıma; bana maddi manevi her şekilde destek vererek benim bütün başarılarımda arkamda duran babam Ahmet BAYDEMİR'e, annem Pervin BAYDEMİR'e, kardeşim Arda Bora BAYDEMİR'e ve babaannem Sultan BAYDEMİR'e; son olaraksa beni yürüdüğüm kararlı yolumda hep bana olan inancı ve sevgisiyle benim başarılarımı kamçılayan başta Sıla YILMAZ olmak üzere bütün gönül dostlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ezgi BAYDEMİR

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ vii
KISALTMA LİSTESİ viii
ŞEKİL LİSTESİ xi
TABLO LİSTESİ xii
ÖZET xiii
ABSTRACT xv
1 GİRİŞ 1
1.1 Literatür Özeti 1
1.2 Tezin Amacı 2
1.3 Hipotez 3
2 GENEL BİLGİLER 4
2.1 Ekmeğin Besin Değeri 5
2.2 Temel Bileşenler 5
2.2.1 Un 5
2.2.2 Su 7
2.2.3 Tuz 7
2.2.4 Maya 7
2.3 Yardımcı Bileşenler 8
2.3.1 Enzimler 8
2.3.2 Oksidantlar 8
2.3.3 Tatlandırıcılar 9
2.3.4 Emülgatörler 9
2.3.5 Bitkisel Yağlar 9
2.3.6 Diğer Katkı Maddeleri 10
2.4 Ekmek Üretim Prosesi 10
2.4.1 Hamur Yoğurma 11
2.4.2 Fermentasyon 12
2.4.3 Şekil Verme 12
2.4.4 Pişirme 12
2.4.5 Dinlendirme ve Soğutma 13
3 MATERYAL VE YÖNTEM 14
3.1 Materyal 14

3.2 Yöntem 14
4 ARAŞTIRMA SONUÇLARI **15**
4.1 Ekmeğin Biyoaktif Bileşenlerce Zenginleştirilmesine Yönelik Yapılmış Çalışmalar 15
4.1.1 Süt Tozu 20
4.1.2 Meşe Palamudu Unu 20
4.1.3 Beyaz Dut 20
4.1.4 Siyah Kinoa 21
4.1.5 β-Glukan ve Siyah Çay 21
4.1.6 Soğan Atığı Tozu 22
4.1.7 Yulaf Unu 22
4.1.8 Siyah Çay 23
4.1.9 Pirinç Kepeği 23
4.1.10 Yeşil Çay Özü 24
4.1.11 Şeker Otu (Stevia Rebaudiana) Bitkisi Özü 24
4.1.12 Brokoli Filizi Tozu 24
4.1.13 Kestane Unu 24
4.1.14 Narenciye Kabuğu 25
4.1.15 Maça Unu 25
4.1.16 Sorgum Unu 25
4.1.17 Kişniş Yaprağı 26
4.1.18 Zencefil Tozu 26
4.1.19 Amaranth Unu 26
4.1.20 Nar Kabuğu Ekstratı 26
4.1.21 Zerdeçal Tozu 27
4.1.22 Tam Tahıl Unları ve Lifleri 27
4.1.23 Anka (Fermente Pirinç) 27
4.1.24 Üzüm Yan Ürünleri 27
4.1.25 Şeker Pancarı Pekmezi Bazlı Bileşenler 28
4.1.26 Arpa Unu 28
4.1.27 Sarımsak ve Fesleğen 28
4.1.28 Auricularia Auricula Polisakkarit Un 29
4.2 Glisemik İndeks Değerinin Düşürmeye Yönelik Çalışmalar 29
4.3 Fermente Edilebilir –Oligo, -Di, -Mono Sakkaritleri ve –Poliolleri (FODMAP) Azaltmaya Yönelik Yapılan Çalışmalar 38

4.4 Antibesinsel Faktörleri Azaltmaya Yönelik Yapılmış Çalışmalar 43
4.5 Mikotoksinleri ve Akrilamidi Azaltmaya Yönelik Yapılan Çalışmalar 48
4.5.1 Mikotoksinler 48
4.5.2 Akrilamid 50
5 SONUÇ VE ÖNERİLER **53**
KAYNAKÇA **55**
TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR **66**

SİMGE LİSTESİ

α	Alfa
±	Artı-Eksi İşareti
β	Beta
˚C	Santigrat İşareti
%	Yüzde

KISALTMA LİSTESİ

AAPF	Auricularia Auricula Polisakkarit Unu
B1	Tiamin
B2	Riboflavin
B6	Piridoksin
BDY	Beyaz Dut Posası
BDP	Beyaz Dut Yaprağı
CAC	Gıda Kodeksi Komisyonu
CHP	Metal Chelating Activity
CMC	Karboksimetil Selüloz
CML	N(6)-Karboksimetillisin
CO_2	Karbondioksit
CSB	Buharda Pişmiş Çin Ekmeği
DPPH	1,1-Difenil-2-pikrilhidrazil radikali; $C_{18}H_{12}N_5O_6$
Dm	Kuru Ağırlık
FIC	Flavonoid İçeriği
FRAP	Ferric Reducing Antioxidant Power
g	Gram
GABA	Gama Aminobütirik Asit
GAE	Gallik Asit Eşdeğeri
GIP	Glukoza Bağımlı İnsülinotropik Polipeptit
Gİ	Glisemik İndeks
Glp-1	Glukan Benzeri Peptid 1
HMB	Hom Mali Pirinç Ekmeği

İAUC	Eğrinin Altındaki Artan Kan Şekeri Alanı
İOWP	Endüstriyel Soğan Atığı Tozu
kg	kilogram
KKN	Kritik Kontrol Noktası
LOX	Lipoksigenaz Enzim
mL	Mililitre
mmol	milimol
monacolin	K Lovastatin
mg	milligram
OD	Ozmotik Dehidrasyon
ORAC	Oksijen Radikal Absorbans Kapasitesi
pH	Hidrojenin Gücü
PP	Niasin (Pellegra önleyici)
ROS	Reaktif Oksidatif Stres
RRB	Riceberry Pirinç Ekmeği
SA	Sinapik Asit
SCFA	Kısa Zincirli Yağ Asitleri
sn	Saniye
TBE	Tam Buğday Ekmeği
TEAC	Troloks Eşdeğeri Antioksidan Kapasite Deneyi
TFC	Toplam Flavonoid İçeriği
TPC	Toplam Fenolik İçeriği
µmol	Fotosentetik Foton Akısı Yoğunluğu
(-NH_2)	Amino
(-SH)	Sülfidril

(S-S)	Disülfit
µM	mikrometre

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Ekmek üretim aşamaları ve kritik kontrol noktaları 11
Şekil 4.1 Düşük ve yüksek glisemik indeksli gıdaların kan glukoz seviyesine etkileri. 30
Şekil 4.2 C. Chusak vd.' nın çalışmasına ait ekmek tipleri 32
Şekil 4.3 L. Kan vd.'nın çalışmasına ait vitro nişasta hidroliz profilleri 33
Şekil 4.4 Laatikainen vd.' nın çalışmasına ait tedavi yapılandırmaları 40
Şekil 4.5 Tarla ve depo küflerine ait mikotoksin örnekleri 48

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Buğday unları ve gıda amaçlı buğday kepeğine ait kimyasal özellikler 6

Tablo 2.2 Ekmek mayasının bileşimi 7

Tablo 4.1 Çeşitli ürünlerle zenginleştirilen ekmeğin biyoaktivite değerleri.....16

Tablo 4.2 A. Rieder vd.' nın yaptıkları çalışmada farklı test ekmeklerinin hazırlanmasına ve işlenmesine genel bakış 34

Tablo 4.3 Yemek sonrası kan glikoz tepkileri.....34

Tablo 4.4 Olatunde vd.' nın çalışmasına ait ekmek formülasyonları 43

Tablo 4.5 Olatunde vd.' nın çalışmasına ait karışımların antibesinsel faktörleri 43

Tablo 4.6 B. Demir vd.' nın çalışmasına ait ekmek malzemelerinin fitik asit içeriği.....44

Tablo 4.7 Abdurrahman vd.' nın çalışmasına ait bambara yerfıstığı tohumu ile zenginleştirilmiş ekmeklerin antibesinsel içerikleri.....45

Tablo 4.8 M. Mosaddegh Mehrjardi vd.' nın çalışmasına ait farklı hamur türlerinde fermentasyon süresi ile fitik asit konsantrasyonu arasındaki ilişki.....46

Tablo 4.9 A. Yasmin vd ' nın çalışmasına ait farklı proseslerinin ürünün antibesinsel faktörlerine etkisi.....46

ÖZET

Ekmek Prosesi ve Formülasyonu ile İlgili Sağlık Açısından Yapılan Son Çalışmalar

Ezgi BAYDEMİR

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Görkem ÖZÜLKÜ

Bu çalışmada, ekmek prosesi ve formülasyonu ile ilgili sağlık açısından yapılan son çalışmalar 2005-2020 yılları arasında geriye dönük olarak ele alınmıştır. Beslenme veya sağlıklı beslenme; sağlığı temellendirmek, sağlığı korumak, geliştirmek ve kişinin yaşam kalitesini iyileştirmek amacı ile vücudun gereksinimi olan besin öğelerini uygun zamanda ve yeterli miktarda almak için bilinçli ve kontrollü olarak yapılması gereken önemli bir eylemdir.

Türkiye'de bitkisel gıda maddelerinin ve tahıl ürünlerinin hem kalori hem de protein sağlama bakımından paylarının oldukça yüksek olduğu ve günlük diyette büyük oranda yer kapladığı görülmektedir. Bir besin maddesi olarak günlük besin ihtiyacımızın önemli bir kısmını karşılamakta olan ekmeğin, farklı proses ve formülasyonlarla sağlığa daha yararlı duruma getirilmesi büyük önem arz etmektedir. Son dönemde fonksiyonel gıdalara artan ilgi ile beraber bu önem daha da kuvvetlenmiştir. Bu bağlamda ekmeğin bileşenlerini, formülasyonunu ve prosesini ele alarak ekmeğin sağlık üzerindeki etkilerini inceleyen araştırmalar bu çalışmanın ana hatlarını oluşturmaktadır. Bu derlemede ekmek formülasyonu ve prosesi sağlıkla ilgili olarak 5 başlık altında incelenmiştir. Ekmeğin biyoaktif bileşenlerce zenginleştirilmesi, glisemik indeksinin azaltılması, FODMAP

azaltılması, antibesinsel faktörlerin azaltılması ve kontaminasyonların azaltılması sağlık açısından değerlendirilmesi gereken konular olarak belirlenmiştir. Bu konulara ait ekmek proses ve formülasyonu ile ilgili araştırmalar sağlıkla ilişkili olarak incelenmiştir. Araştırmada sonucunda ekmeğin proses ve formülasyonuna ait değişimler, sağlık üzerine etkileri incelenen çalışmaların sonuçlarına göre yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ekmek, Biyoaktivite, FODMAP, Antibesinsel, Glisemik İndeks

ABSTRACT

Health Studies Concerning Bread Process and Formulation

Ezgi BAYDEMİR

Department of Food Engineering

Master of Science Thesis

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Görkem ÖZÜLKÜ

In this study, recent studies on the bread process and its formulation in terms of health were examined retrospectively between 2005 and 2020. Nutrition or healthy eating; It is an important action that must be taken consciously and controlledly in order to get the nutrients that the body needs at the appropriate time and in sufficient quantities in order to base health, maintain health, improve and improve the quality of life of the person.

It is seen that the share of vegetable foodstuffs and cereal products in Turkey in terms of providing both calories and proteins is quite high and takes up a large part in the daily diet. It is of great importance that bread, which meets an important part of our daily nutritional needs as a nutrient, is made more beneficial to health through different processes and formulations. With the increasing interest in functional foods recently, this importance has been further strengthened. In this context, researches that examine the health effects of bread by addressing the components, formulation and process of bread are the outlines of this study. In this review, bread formulation and process are examined under 5 headings related to

health. Enrichment of bread with bioactive components, reduction of the glycemic index, reduction of IBS-induced symptoms, reduction of anti-nutritional factors, reduction of contamination are issues that should be evaluated in terms of health. Studies on these issues related to bread process and formulation were examined in relation to health. As a result of the research, the changes in the process and formulation of bread were interpreted according to the results of the studies examined on health effects.

Keywords: Bread, Bioactivity, FODMAP, Antinutritional, Glycemic Index

1
GİRİŞ

1.1 Literatür Özeti

Dünya Sağlık Örgütü tarafından gerçekleştirilen beyana göre, sağlık şu şekilde tanımlanmıştır: "Sağlık sadece hastalık ve sakatlığın olmayışı değil, bedence, ruhça ve sosyal yönden tam bir iyilik halidir" [1].

İnsanın fiziksel, zihinsel ve sosyal yönden bütünlüğünün sağlanması, büyük ölçüde koruyucu sağlık önlemlerinin alınmasına bağlıdır ve bunların başında sağlıklı beslenme gelmektedir. Vücudun dengeli büyümesi ve gelişmesi, verimli çalışması, dış etkenlere ve hastalıklara karşı dirençli olabilmesi, fonksiyonel kaybının olmaması için ihtiyaç duyulan gıda maddelerinin her birinin yeterli miktarda alınması ve vücutta uygun şekilde değerlendirilmesi durumu "yeterli ve dengeli beslenme" veya "sağlıklı beslenme" olarak açıklanır. Bu sağlıklı beslenme koşulu insanın kendini yeterli ölçüde iyi hissetmesi ile yakından ilişkilidir [2].

Beslenme veya sağlıklı beslenme; sağlığı temellendirmek, sağlığı korumak, geliştirmek ve kişinin yaşam kalitesini iyileştirmek amacı ile vücudun gereksinimi olan besin öğelerini uygun zamanda ve yeterli miktarda almak için bilinçli ve kontrollü olarak yapılması gereken önemli bir eylemdir. Beslenme vücudun ihtiyaçlarını yeterli ve dengeli düzeyde karşılamayı içerir [3].

Sağlıklı beslenme için insan çevresinden faydalanmaktadır. İnsan metabolizması çeşitli gıdalara ihtiyaç duymakta ve bu gıdaları tüketerek kendisine besin sağlamaktadır. Metabolizmanın ihtiyaç duyduğu enerji bitkisel ve hayvansal gıdaları yeterli miktarda tüketerek sağlanmaktadır [4].

Bazı bitkilerin tohumu olan tahıllar, sosyoekonomik yönden yüksek düzeyli olmayan halk topluluklarının en önemli besin ürünüdür. Tahıl grubu; buğday, pirinç, mısır, çavdar, yulaf, arpa, darı gibi tohumları içerir. Ülkemizde kişi başına düşen günlük enerjinin % 70 kadarı, en ucuz enerji kaynağı olan tahıllardan temin edilmektedir [5].

Türkiye'de bitkisel gıda maddelerinin ve tahıl ürünlerinin hem kalori düzeylerinin hem de protein sağlama paylarının oldukça yüksek olduğu ve günlük diyette büyük oranda yer kapladığı görülmektedir [6].

Bununla birlikte bitkisel gıdaların içerisinde hammaddesi buğday olan ekmek, toplumumuzda gıda tüketiminde önemli bir yere sahiptir. Ekmek tüketimi günlük besin ihtiyacımızın önemli bir kısmını karşılamaktadır [7].

Türkiye'de ekmek, temel gıda maddelerinin başında yer almakta ve günlük besin ihtiyaçlarının karşılanmasında büyük önem arz etmektedir. Ülkemizde günlük kalori gereksiniminin % 44'ünü, protein gereksiniminin ise yaklaşık % 50'sini karşılamaktadır [8].

Bir besin maddesi olarak gıda tüketiminde yoğun ve yaygın şekilde tüketilen ekmeğin bu kadar büyük oranda yer alması ekmeğin bileşenleri, prosesi ve formülasyonlarıyla ilgili durumları araştırmaya yönlendirmektedir.

Günümüzde ortaya çıkan pek çok hastalığın beslenme kaynaklı olduğunun ortaya çıkmasıyla birlikte; tüketiciler daha sağlıklı ve kaliteli bir yaşama sahip olmak amacı ile beslenme konusunda önlemler almaktadırlar [9].

Hammaddelerde meydana gelecek farklılıkların ekmeğin kalitesine etkisinin bilinmesi ve üretim esnasında karşılaşılacak herhangi bir ekmek hatasının düzeltilmesi ve hataların nereden kaynaklandığının belirlenmesi için bileşenlerin ve üretim aşamalarının ekmek kalitesine olan etkileri iyi bilinmelidir [10].

Ekmek fabrikalarındaki proses basamaklarının fazla oluşu, pişme işlemi sonrasında ekmeklerin tavalardan alınıp sepetlere konması, market veya bakkallara sevk edilmesi, satış tezgahlarına dizilmesi ve müşterilerin ekmek seçerken temas halinde bulunmaları kontaminasyonlara sebep olabilir. Bu bağlamda ekmeğin bileşenlerini, formülasyonunu ve prosesini ele alarak ekmeğin sağlık üzerindeki etkilerini inceleyen araştırmalar bu çalışmanın ana hatlarını oluşturmaktadır.

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmada son 15 yılda ekmek prosesi ve formülasyonlarıyla ilgili yapılan çalışmaların sağlık açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda;

1) Ekmeğin biyoaktif özelliklerini artırmaya yönelik çalışmalar (antioksidan aktivite, antidiyabetik aktivite, vb.)

2) Glisemik indeks değerini düşürmeye yönelik yapılan araştırmalar

3) Fermente edilebilir –oligo, -di, -mono sakkaritleri ve –poliolleri (FODMAP) azaltmaya yönelik yapılan çalışmalar

4) Antibesinsel faktörleri azaltmaya yönelik yapılan çalışmalar

5) Mikotoksinleri ve akrilamidi azaltmaya yönelik yapılan çalışmalar

ele alınmıştır.

1.3 Hipotez

Bu çalışmada, ekmek prosesi ve formülasyonu ile ilgili sağlık açısından yapılan son çalışmalar 2005-2020 yılları arasında geriye dönük olarak ele alınmıştır. Ekmek formülasyonu ve prosesi sağlıkla ilgili olarak 5 başlık altında incelenmiştir. Ekmeğin biyoaktif bileşenlerce zenginleştirilmesi, glisemik indeksinin azaltılması, FODMAP azaltılması, antibesinsel faktörlerin azaltılması ve kontaminasyonların azaltılması sağlık açısından değerlendirilmesi gereken konular olarak belirlenmiştir. Bu bağlamda farklı gıda ikamelerinin ekmek hamuruna eklenmesi veya ekmek üretim aşamalarında basamak sürelerinin (özellikle fermentasyon) uzatılıp-kısaltılması işlemleri, çeşitli un tiplerinin kullanılması ve farklı proses tekniklerinin uygulanması ile beraber ekmek üzerinde sağlık açısından pozitif etkiler gösterdiği, gıda kalitesinde ve fonksiyonelliğinde artış yaşandığı gözlemlenmektedir.

2
GENEL BİLGİLER

Ekmek: Buğday ununa; su, tuz, maya *(Saccharomyces cerevisiae)* gerektiğinde şeker, 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 yapılan ürünü ifade etmektedir [11].

Ekmekleri sandviç ekmeği, francala ekmeği ve çeşitli tava ekmekleri gibi dünyada yapılan türleri ile sınıflandırırken; ülkemizde yufka ekmek, bazlama, göçmen ekmeği ve pide ekmekleri gibi türler olarak sınıflandırabiliriz. Bununla birlikte, çeşitli türlerde unların (mısır ve çavdar unu gibi) kullanılmasıyla farklı ekmekler üretilebilmektedir. Fakat, genel anlamda francala ekmeği (somun ekmek) harici ekmek tür ve tipleri, bu ekmekleri kendi üretildiği un tipi yani mısır ekmeği, çavdar ekmeği; yufka ekmeği, tava ekmeği gibi bir ön ek ile birlikte söylenirler [12].

Un, su, tuz ve mayanın yoğrularak mayalandırılması, bölünüp tartıldıktan sonra yine final fermentasyona uğratılması ve pişirilmesi geleneksel ekmeği tanımlamaktadır [13].

TS 5000 ekmek standardında ise ekmek, katkısız ve katkılı ekmek olarak iki çeşide ayrılmıştır. Katkılı ekmeklerin yapımında una su, tuz ve maya katılmasının yanında kaliteyi yükseltmek amacıyla (görünüşü düzeltmek ya da dayanıklılığı arttırmak, besin değerini yükseltmek, aroma ve çeşni vermek ve bayatlamayı geciktirmek gibi), izin verilen gıda katkı maddelerinin kullanılabileceği belirtilmektedir [14].

Özel amaçlı üretilen ekmeklerde emülgatörler, asitlik düzenleyiciler, kıvam arttırıcılar, kabartıcılar ve koruyucular gibi katkı maddeleri kullanılmaktadır. Bunlara ek olarak ekmek kalitesini artırmak amaçlı gıda katkı maddesi olarak sınıflandırılmayan bakteriyel amilaz, kavrulmuş malt unu ve askorbik asit gibi doğal kaynaklı katkılardan da un üretim aşamasında yararlanılmaktadır. Bu konularda, WHO ve FAO'nun müşterek organları olan Codex Alimentarius komisyonu ve Expert Committee on Food Additives (JECFA) ile Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA)'nın oluşturduğu kodekse göre yol izlenmektedir.

2.1 Ekmeğin Besin Değeri

Temel olarak ekmeklerin besin değeri ekmek yapmak için kullanılan unun hammaddesi olan buğdayın niteliğine ve ikame edilme oranına göre değişmektedir. Normal katkılı beyaz ekmeğin genel anlamda bileşiminde % 37,0 su, % 8,7 protein, % 50,5 karbonhidrat, % 3,2 yağ, % 2,0 kül olmakla birlikte, 100 gram ekmek yaklaşık 270 kilokalori sağlamaktadır. Katkısız bir ekmek (francala) ise 240 kilokalori sağlanmaktadır [15].

2.2 Temel Bileşenler

Ekmek temel bileşen olarak un, su, tuz ve mayadan meydana gelmektedir.

2.2.1 Un

Ekmek için gereken un, buğday unu olarak tanımlanmaktadır. Dünya üzerinde üretilen ekmeklerin hammaddesi çoğunlukla buğday unudur. Buğday unu içerdiği gliadin ve glutenin proteinlerinden oluşan glutenin sahip olduğu kendine has özellikleri nedeniyle ekmek yapmaya en uygun undur. Buğday ununda 18 farklı amino asitin bulunmasına rağmen aminoasitlerin yaklaşık 2/3'ünü glutamin ve sistein oluşturmaktadır. Glutaminin hidrojen bağlarının oluşmasında rol alan ikinci bir amino grubu ($-NH_2$) içermesi sisteinin sülfidril (-SH) ve disülfit (S-S) bağlarının oluşmasına kaynaklık etmesi ve prolinin α-heliks yapının kıvrımlarında yer almasından dolayı sülfidril, disülfit, hidrojen bağları ve Van der Waals etkileşimleri nedeniyle gluten ekmek yapmaya uygun bir protein halini alarak hamur oluşumunu sağlamaktadır [16]. Buğday unları ve gıda amaçlı buğday kepeğine ait kimyasal özellikler Tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2.1 Buğday unları ve gıda amaçlı buğday kepeğine ait kimyasal özellikler

Ürün	Nem % (m/m) En çok	%Kül Km'de (m/m)	Sedimantasyon (mL)	Beklemeli Sedimantasyon (mL)	%Protein[1] Miktarı Km'de (en az)	%Asitlik Km'de (sülfürik asit cinsinden) en çok	Düşme vesı (Sn) En az
Özel Amaçlı Buğday Unu	14,5	Aranmaz	Aranmaz	Aranmaz	7	0,07	Aranmaz
Ekmeklik Buğday Unu	14,5	0,7<%Kül≤ 0,8	En az 30	En az 30	10,5	0,07	250
Tam Buğday Unu	14,5	En az 1,2	Aranmaz	Aranmaz	11	0,09	Aranmaz
Gıda Amaçlı Buğday Kepeği	12	Aranmaz	Aranmaz	Aranmaz	Aranmaz	Aranmaz	Aranmaz

(1) % Protein Miktarı Km'de (en az) **(N x 5.7)**

Buğdayın en fonksiyonel kısmını nişasta oluşturmasına karşılık, teknolojik karakteristiklerini ve piyasa şartlarını belirleyen en önemli faktör başta gluten olmak üzere protein içeriğidir [17].

Buğdayda bazı önemli kalite kriterleri; protein oranı, tane nem oranı, hektolitre ağırlığı, düşme sayısı (enzim aktivitesi), kül oranı, yaş öz (gluten) oranı olarak ifade edilebilir.

Buğdayda kül miktarı ile un randımanı birbiriyle yakından ilişkili parametreler olup farklı buğdaylardan elde edilen aynı randımanlı unlarda kül miktarı çok küçük farklar gösterebilmekte ve yüksek kül oranı istenmemektedir. Düşme sayısı buğday ununda diastatik aktiviteyi belirlemede kullanılan bir parametre olup, ekmek yapımında oluşacak gaz miktarı, ekmek hacmi, ekmek içi tekstürü ve ekmek rengi açısından önemlidir. Buğday çeşitlerinde enzim aktivitesinin normal düzeyde olduğunun göstergesi olarak düşme sayısının fazla olmaması istenilir. Düşme sayısı, buğday nişastasının unda bulunan amilaz enzimlerinin etkinliği ile viskozitesini kaybetme süresidir [18]. Buğdayda düşme sayısının 220 -250 s arasında olması istenmektedir [19].

2.2.2 Su

Su, hamur bileşenlerinin karışmasını ve birbirleriyle kimyasal etkileşime girmelerini sağlayan, hamura arzu edilen visko-elastik yapıyı kazandıran, fermentasyonun başlamasına ve devamına yol açan ayrıca son ürün kalitesi üzerinde etkili olan temel bir bileşendir [20].

2.2.3 Tuz

Ekmek üretiminde kulllanılan tuz; topaklaşmaya neden olmayacak granüler yapıda olmalı, yabancı madde ve mikroorganizma içermemeli, temiz, parlak ve beyaz olmalı, suda çözünürlüğü yüksek olmalı, istenmeyen mineralleri içermemelidir. Ekmek üretiminde kullanılan tuz, ambalajlı olarak analiz sertifikası ile birlikte alınmalıdır [21].

2.2.4 Maya

Fırıncılık ürünlerinde ekmek mayası, hamurda bulunan basit şekerleri fermentasyona uğratarak, ortaya çıkan CO_2 ile hamurun kabarmasına, diğer maddeler ile hamurun olgunlaşmasına ve aroma oluşumuna katkı sağlar. Ekmek mayasının bileşimini protein, karbonhidrat, lipid, mineral ve vitaminler oluşturmakta olup bileşimi Tablo 2.2'de verilmiştir [22].

Tablo 2.2 Ekmek mayasının bileşimi

				Mineraller (mg/kg)					**Vitaminler (mg/kg)**			
Bileşen	**Protein**	**Karbonhidrat**	**Lipid**	**Potasyum**	**Sodyum**	**Kalsiyum**	**Magnezyum**	**Fosfor**	**B1**	**B2**	**B6**	**PP**
% Kuru Madde)	40.6-58.0	35.0-45.0	4.0-6.0	0.80-2.00	0.01-0.20	0.02-0.15	0.04-0.18	0.80-1.30	0.002-0.015	0.002-0.008	0.002-0.006	0.010-0.050

2.3 Yardımcı Bileşenler

Ekmek yapımında, unun bileşimi ve özelliklerinden kaynaklanan bazı kusurlar ve eksikliklerin giderilerek kalitenin iyileştirilmesi, zaman ve işgücü tasarrufu sağlanarak işletmelerin rantabilitelerinin arttırılması amaçlarıyla çeşitli katkı maddeleri günümüzde yaygın bir biçimde kullanılmaktadır.

2.3.1 Enzimler

Bitkisel, hayvansal ya da mikrobiyal kaynaklı olabilen, çeşitli yöntemlerle elde edilen, canlı hücreler tarafından oluşturulan ancak faaliyetlerinde hücreye bağımlı olmayan protein yapısında, kolloidal, kompleks organik katalizörler enzim olarak adlandırılır [23].

Enzimler kimyasal reaksiyonların hızını arttıran karmaşık bileşiklerdir ve arka arkaya dizilmiş peptit moleküllerinin meydana getirdiği uzun zincirli yapılardır.

Bazı enzimlerin yapısı sadece proteinden meydana gelse de, birçok enzim proteinlere ilave olarak karbonhidrat, lipit, metal, fosfat veya diğer organik bileşenleri de içermektedir. Biyokimyasal reaksiyonlarda enzimlerin etkiledikleri veya kullandıkları moleküller ise "substrat" ismiyle anılmaktadır [24].

2.3.2 Oksidantlar

Taze unlarla yapılan ekmeklerde bazı problemler oluşabileceğinden dolayı, istenilen kalitede ekmek yapımı için unların oksijenle temas ederek kuvvetlenmesi sağlanır. Atmosferik oksijen ile kuvvetlenme yavaş bir şekilde olduğundan dışarıdan oksidan katkısı yapılmaktadır. Unun olgunlaştırılması için kullanılan oksidanlar yasalarla sınırlı olmakla beraber askorbik asit un sanayinde sıklıkla kullanılmaktadır. Potasyum bromat, kalsiyum bromat, potasyum iyodat, kalsiyum iyodat ve kalsiyum peroksit bilinen diğer oksidantlardır. Ancak kansorejen etki yaratma potansiyellerinden dolayı kullanımları yasaklanmıştır. Askorbik asit, antioksidan olarak bilinmesine rağmen hamurda oksidan olarak çalışır, hamurun daha elastiki olmasını sağlar. Böylece gaz tutma kapasitesi yüksek, elastik ve kolay işlenebilir bir hamur elde edilir [26].

2.3.3 Tatlandırıcılar

Ekmek yapımında tatlandırıcı olarak şekerler (sakkaroz, maltoz, fruktoz) ve malt unu kullanılabilir [26].

2.3.4 Emülgatörler

Emülgatörlerin başlıca özelliği, hidrofilik ve lipofilik gruplar içermeleridir. Emülgatörlerin yapılarında teşkil ettikleri yağ asidi zinciri molekülün lipofilik kısmını; polietilen zincirleri ise hidrofilik kısmını oluşturmaktadır. Emülgatörlerin bu özellikleri formülasyonlarına dahil edilen ürünlerde, özellikle ekmek üretiminde, gluten gelişimini teşvik edici, protein-nişasta, protein-yağ komplekslerinin oluşumunu sağlayıcı, hamurun gaz tutma yeteneğini dolayısıyla ekmek hacmini artırıcı, ekmek içi sertliğini ve yapışkanlığını azaltıcı ve bayatlamayı geciktirici etkilere sahip olmasını sağlamaktadır [27].

2.3.5 Bitkisel Yağlar

Çeşitli araştırmacıların yaptığı çalışmalara göre % 1 katı yağ kullanıldığında ekmek hacminde ve yapısında büyük bir gelişme tespit edilmiştir. Bu çalışmada % 3 sıvı yağ ve hidrojenize yağ ilave edildiğinde olumsuz sonuçlar alınmıştır. Katı yağların sıvı yağlardan biraz daha iyi olduğu belirtilmektedir. Ekmek hamurunda yağın fonksiyonu;

- Yağ, ekmeğin hacmini geliştirmesi.
- Yumuşaklık sağlaması.
- Kabuğa gevreklik vermesi.
- Kabuk rengi daha parlak hale getrimesi.

olarak sıralanabilir.

Yağın, hamur fermentasyonu ve ekmek yapma tekniğine etkileri;

- Yağ maddesi yüksek devirli yoğuruculardа hazırladığı zaman işleme özelliği artar.
- Gluten özelliği bozulmaz.
- Yapışma azalır ve elastikiyet gelişir.
- Beslenme özelliği artar, kalori değeri yükselir.
- Bayatlama geç olur (Nişastanın su kaybını geciktirir).

şeklinde sıralanabilir [28].

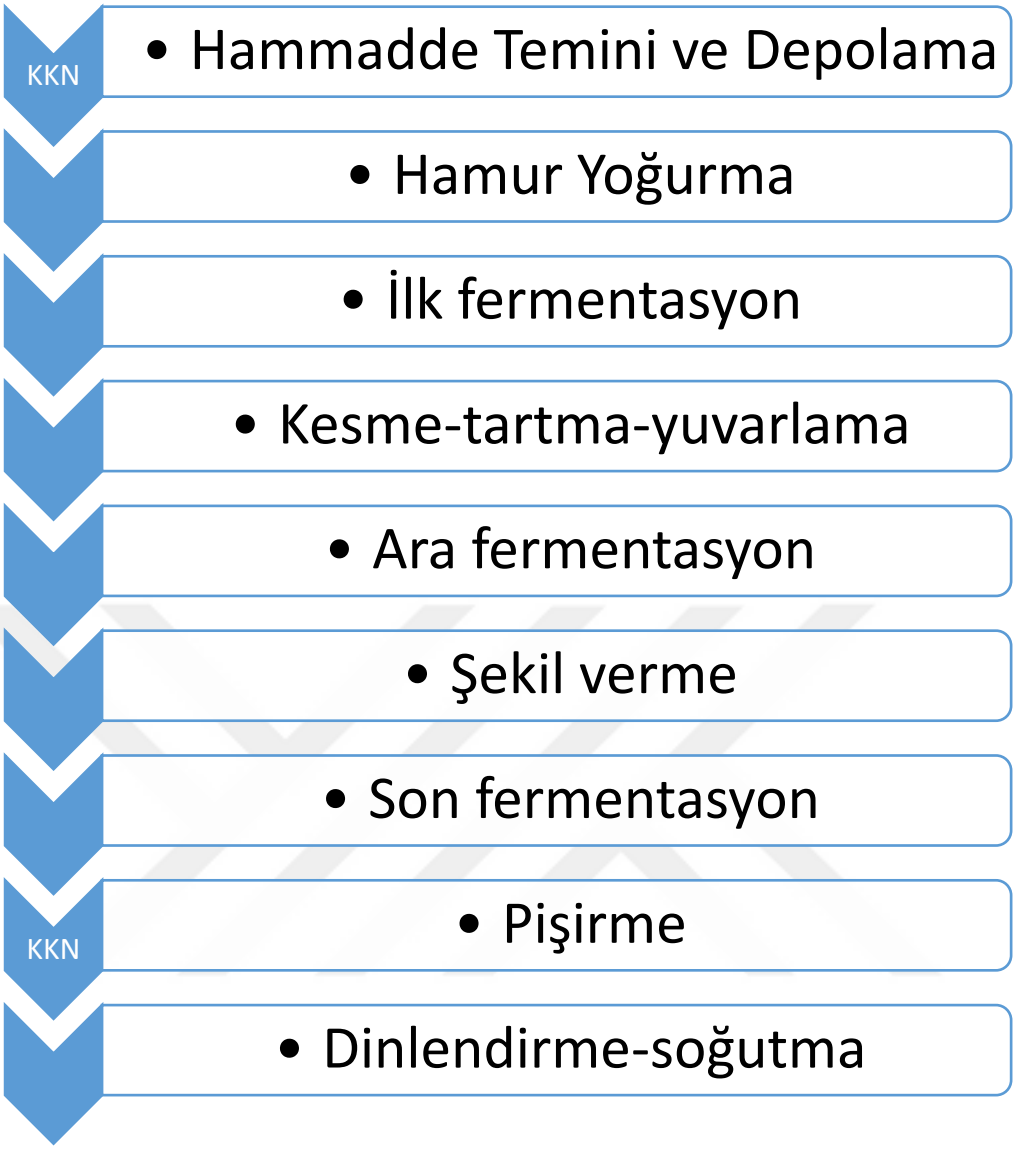
2.3.6 Diğer Katkı Maddeleri

Unun su absorbsiyonu, teknolojik kalitesi ve hamur verimi yanında ekmek verimini arttırmak, ekmeği besinsel olarak takviye etmek, ekmeğin bayatlamasını geciktirmek, tat ve aromasını arttırmak gibi amaçlarla da başka bazı katkı maddeleri kullanılmaktadır. Bunlar;

- Soya unu
- Süt ve süt ürünleri
- Patates unu
- Gluten unu
- Mısır unu
- Durum buğday unu olarak sıralanabilir.

2.4 Ekmek Üretim Prosesi

Ekmek un, su, tuz, maya ve gerekli katkı maddeleri ile yoğurularak hazırlanan hamurun uygun süre ile fermentasyonu sonrası, kesilip şekil verilmesi ve tekrar kabartıldıktan sonra fırında pişirilmesi ile elde edilir [29]. Ekmek üretim sıralaması Şekil 2.1'de verilmiştir.



Şekil 2.1 Ekmek üretim aşamaları ve kritik kontrol noktaları [29]

2.4.1 Hamur Yoğurma

Hamur oluşturmada ilk basamak yoğurmadır. Yoğurma işlemiyle biyokimyasal yapıda değişiklikler olarak protein yapısında çeşitli bağlantılar oluşmaktadır. Hamur bütün bileşenler eşit bir şekilde bir araya gelinceye ve esnek, yumuşak bir yapı alıncaya kadar yoğrulur. Yoğurma işlemi sırasında, sıcaklık 27 ^{o}C 'yi geçmemelidir [30]. Yoğurmadaki asıl amaç bileşenlerin yarı homojen bir karışım halinde karıştırılarak buğday hamurunda gluten yapısını geliştirmek ve hamura havayı dahil etmektir [31].

Ekmek üretiminde hamur yoğurma basamağındaki mikrobiyolojik, fiziksel (saç, sakal, kıl, ambalaj parçası, taş, metal parçası vb.) ve kimyasal (deterjan kalıntısı)

riskler göz önünde bulundurulduğunda, söz konusu risklerin personelin iyi hijyen uygulamalarına uyması, ekipman ve araçların dezenfeksiyonunun doğru yapılması, üretimin hızlı, kesintisiz ve hijyenik şekilde gerçekleştirilmesi gibi kontrol önlemleri ile minimuma indirilebilmektedir. Hamur yoğurma aşamasında en önemli fiziksel risk, metal parçasıyla kontaminasyondur. Riskin kaynağı, yoğurucu makinadır. Her karıştırma işlemi sonrası alet bütünlüğünün kontrolü yapılarak, bu risk de önlenebilir [32].

2.4.2 Fermentasyon

Ekmek prosesinde fermentasyon hamurun ''dinlendirilme'' anlamını karşılamaktadır. Fermentasyon süreci kullanılan unun niteliğine, maya türüne ve miktarına, ortam sıcaklığına bağlıdır.

Esas olarak fermentasyonu sağlayan, canlı bir organizma olarak tanımlanan mayadır. Maya ile beraber fermentasyon sürecinde meydana gelen CO_2, hamur sürecinde unla etkileşimde kalarak unun kabarmasını sağlarken diğer yandan ortaya çıkan alkaloidler, aldehitler, ketonlar ve organik asitler de ekmeğe kendine özgü tat ve aroma kazandırmaktadır. Mayanın fermentasyon sürecinde çalışmasını en çok etkileyen faktörler; ortamın sıcaklığı (30°C'de 20°C'ye göre 3 kat hızlı fermentasyon gücü ortaya koyması), pH derecelerinin seviyesine (kabul edilebilir ortam pH'ı 4-6'dır) ve şeker, tuz gibi yüksek kontrasyondaki çözünen madde miktarına bağlıdır. Fermentasyon tat, doku ve kalite süreçleriyle yakın bir etkileşim içerdiğinden ekmek üretimindeki önemli aşamalardan birisidir [28].

2.4.3 Şekil Verme

Şekil verme işlemi son fermentasyon işleminden önce uygulanan basamaktır. Bu basamağın amacı hamuru havalandırılarak ortamdaki karbondioksit gazının uzaklaştırılması ve mayanın çoğalmasının sağlanmasıdır [32].

2.4.4 Pişirme

Pişirme işleminin rolü gıdaların duyusal özelliklerini değiştirmek, lezzetini artırmak ve yiyeceklerde tat, aroma ve doku çeşitliliğini arttırmaktır. Pişirme işlemi ayrıca enzim ve mikroorganizmaları da inhibe etmektedir [33].

Kaliteli bir ekmek eldesi için pişirme süresi ve sıcaklığı önemli parametrelerdir. Pişirme süresinin az olması durumunda ekmeğin içi pişmemiş olarak kalır, fazla

pişirilmesi durumunda ise yine arzu edilmeyen olumsuz kalite özelliklerine sahip olur [34].

2.4.5 Dinlendirme ve Soğutma

Dinlendirme ve soğutma aşamasında ekmek, mümkün olduğunca çabuk soğumaya bırakılmak üzere tavasından çıkarılmalıdır. Sıcak ekmek oldukça gevrek olduğundan parçalanmaları önlemek için dikkatli olunmalıdır. Ekmeğin sıcak fırında soğumaya bırakılması durumunda kabuğu sertleşir. Tavasından çıkarılmama durumunda ise soğutma işlemi sırasında hava almaz, terler ve yumuşar [35].

3
MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Çalışma kapsamında konuyla ilgili yayınlar geriye dönük olarak 2005-2020 yılları arasında Google Scholar, Scopus, Pubmed, Science Direct, Ulakbim (Dizin Tarama) ve Ulusal Tez Merkezi veri tabanları kullanılarak taranmıştır.

3.2 Yöntem

Ekmek prosesi ve formülasyonu ile ilgili sağlık açısından yapılan son çalışmaların kurgulanmasından neticelendirilmesine kadar analiz edilmesini hedefleyen bu çalışmada sistematik derleme yöntemi kullanılmıştır.

Belirlenen araştırma konuları çerçevesinde yürütülen derleme sürecinde 2005 ve 2020 yılları arasında yapılan araştırmalar incelenmiştir. Tarama yapılırken Türkçe aramada ‘’ekmek’’ ve ‘’ekmek sağlık’’ anahtar kelimeleri ve ingilizce karşılıkları ‘’ bread’’ ve ‘’bread health’’ anahtar kelimeleri öncelikle tercih edilmiştir. Ancak bu anahtar kelimeler ile tarama sırasında belirlenen konularda yapılmış araştırmalara ulaşmada zorluk yaşandığı gözlenmiştir. Bu yüzden Türkçe ve İngilizce aramalarda ‘’fodmap’’ ‘’biyoaktif’’ ‘glisemik indeks’’ ‘’antibesinsel’’ ‘’mikotoksin’’ ve ‘’akrilamid’’ anahtar kelimeleri de ‘’ekmek’’ ile kombine edilip tarama yapılmıştır. Değerlendirmeye alınan araştırmalara karar verirken araştırmaların sadece ekmek proses ve formülasyonunun sağlığı etkileyen faktörlerin analizleri ile ilgili olmasına dikkat edilmiştir.

Çalışmaya dahil edilme kriterleri:

- 2005- 2020 yılları arasında yayınlanmış olması
- Türkçe veya İngilizce dilinde yazılmış olması
- Tam metnine ulaşılabilmesi

4
ARAŞTIRMA SONUÇLARI

4.1 Ekmeğin Biyoaktif Bileşenlerce Zenginleştirilmesine Yönelik Yapılmış Çalışmalar

Fitokimyasallar biyolojik olarak aktif bileşikler olup, çoğunlukla tahıl tanesinin kepek gibi dış katmanlarında yerleşik olarak bulunmaktadırlar [36]. Fitokimyasallar, fenolik asitler başta olmak üzere alkil rezorsinol, lignanlar, fitosteroller ve tokollerden oluşmaktadırlar. Fırıncılık ürünlerinin antioksidatif özellikleri kullanılan tahılın değişken içeriğine [37] ve fitokimyasalların biyoaktivitesine bağlıdır [38]. Bu iki durum da yine gıdanın işlenme yani tahılın öğütülme sürecine dayanmaktadır. Tahıllardaki biyoaktif etkenler tahılın prosesine bağlı olarak azalmakta veya artmakta, bu bileşiklerin biyoyararlanımı modifiye olabilmektedir [39].

Biyolojik sistemde oksidatif stres; beklenenden fazla miktarlarda reaktif oksijen türünün (ROS) neden olduğu kimyasal stres ile ara maddeleri detoksifiye etmek için kullanılan fiziksel yeteneğin arasındaki dengesizlikten dolayı üretilmektedirler. Oksidatif stres uzun süreli gelişirse biyolojik sisteme zarar verir ve kanser, diyabet, kalp rahatsızlıkları ve nörolojik hastalıklar gibi 100'den fazla yaygın hastalığa sebep olur [40]. Antioksidan bakımından güçlü gıdalara yönelik ilgi, antioksidan açısından zengin ürünler için büyük bir pazarın oluşmasını sağlamıştır. Bununla birlikte ROS türlerini temizleyebilir ve böylece serbest radikaller ROS miktarını indirgerler. Antioksidanlar işleme ve depolama sırasında gıdanın bozulmasını önlemek için de kullanılabilir dolayısıyla gıdaların raf ömrü de artar [41].

Çeşitli diyet türlerinde uygulanması ile beraber belirli patolojik durumların önlenmesi ve insanların yaşam kalitesini olumlu yönde etkilemesi nedeniyle antioksidan özellikli ürünler tanınır ve bilinir hale gelmiştir [42].

Epidemiyolojik çalışmalar, düzenli olarak bitki bazlı gıda tüketiminin oksidatif strese bağlı kronik hastalık riskinin azalmasıyla ilişkili olduğunu göstermiştir. Bu nedenle, fitokimyasalların ve özellikle doğal antioksidanların geleneksel gıda formülasyonuna dahil edilmesi, gıdaların nutrasötik potansiyellerini geliştirebilir.

Yaygın bir şekilde tüketilen bir ürün olan rafine buğday unundan yapılan ekmek, yeterli olmayan antioksidan potansiyeli ile karakterizedir. Bu nedenle sağlık etkenlerini iyileştirmek için fonksiyonel takviyelerin dahil edilmesini gerektiren bir besin olabilir [43]. Ekmek yapımında kullanılan un, buğday öğütülerek elde edilir; ancak kepek ve ruşeym kısmını ortadan kaldırarak temel besin maddeleri, yani diyet lifi, vitaminler ve minerallerin kaybına yol açar [44]. Biyoaktif bileşenlerce ekmeğin zenginleştirilmesi bu kayıpların önlenmesini sağlayabilir. Biyoaktif bileşikler doğada oluşan, besin zincirinin bir parçası olan ve insan sağlığı üzerinde bir etkiye sahip olduğu gösterilebilen bileşiklerdir (vitaminler, polifenoller vb) [45].

Tablo 4.1'de ekmeğin biyoaktif bileşenlerce zenginleştirildiğine ait bazı çalışmaları gösterilmiştir.

Tablo 4.1 Çeşitli ürünlerle zenginleştirilen ekmeğin biyoaktivite değerleri

ÜRÜN	**BİYOAKTİVİTE**	**ANTİOKSİDAN AKTİVİTE**					**REFERANS**
		TPC	**DPPH**	**FRAP**	**DİĞERLERİ**		
Süt Tozu (10%)		35.48a ±2.48 µg GAE/100 g DW	97.92a ± 3.15 µM TEAC 7.37 a ± 0.24 İnhibisyon %	61.11 a ± 2.93 µM TEAC	ABTS 21.70a ± 0.50 µM TEAC 28.98a ± 0.67 İnhibisyon %		N. Arslan Burnaz ve M. Hendek Ertop, 2020 [46]
Meşe Palamudu Unu (35%)	Glutensiz Ekmekte Protein içeriğini arttırma	0.848 ± 0.10 (mg GA / g)	0.043 ± 0.015 (mmol trolox / g)	0.064 a ± 0.010 (mmol trolox / g)	ABTS 0.073 ± 0.011 (mmol troloks / g)	FlC 6.30 a ± 0.78 (mg CE / g)	R. Beltrão Martins vd., 2020[47]
Beyaz Dut (%3)	Antidiyabetik	48.26±5.40 (mg/100 g GAE)			TEAC 3.29±0.33 (µM TEAC/g)	α-Glikosidaz enzim inhibisyonu 70.50±6.36 α-Amilaz enzim inhibisyonu (%) 73.83±0.86	C. İnce ve Ö. Çağındı, 2020 [48]

Tablo 4.1 Çeşitli ürünlerle zenginleştirilen ekmeğin biyoaktivite değerleri (devamı)

Siyah Kinoa (25%)		23.43 ± 0.12 t (mg GAE/g d.m.)	14.04 ± 0.83a (µmol TE/g d.m.)	26.29 ± 1.08 (µmol TE/g d.m.)			J. Balleste r-Sánchez vd., 2019 [49]
β-Gluka n ve Siyah Çay		291.5 ± 0.0 (µg GAE/g Retentate)		608.0 ± 119.0 (µg Fe2+ Equivalents /g Retentate)			A. M. Mhd Jalil vd., 2019 [50]
Soğan Atığı Tozu (%5)	Diyet lifi desteği	1.64±0.02 mg GAE/g dw	2.66±0. 11 mM TE/g dw	5.41±0.10 mM TE/g dw	Toplam Flavanoid 1.68±0.02 mg QE/g dw		T. Prokop ov vd., 2019 [51]
Yulaf Unu (%40)		53.9 ±7.3 mg GAE /100g k.m	50.8 ±2.7 mg TE/100 g km		Toplam flavonoid 648.8 ±89.6	P-hidroksibenz oik asit (mg/g) 5.45 ±0.16	B. Topçu vd., 2019 [52]
Siyah Çay	Antimikrobi yal etki	24.9±0.2 (GAE mg/g sample)		18.8±1.2 Fe(II) (mM/g sample)	ABTS 58.4±0.2 (percenta ge of inhibition)	Toplam Flavanoid 640.1±6.0 (QE mg/g)	F. Zhu vd., 2016 [53]
Pirinç Kepeği		183.9±2.9 Serbest fenolik 110.4±8.3 Bağlı fenolik (mg GAE/100 g dw)	400 mg TE/100 g dw (yaklaşı k)	400 mg TE/100 g dw (yaklaşık)	Toplam Flavanoid 76.5±0.6 (free) 34.4±3.4 (bağlı) (mg CATE/10 0 g dw)	Ferulik asit 4.2±0.6 (free) 285.1±8.3 (bağlı) (mg/g dw)	M. Irakli vd., 2015 [54]
Yeşil Çay Ekstra tı		216.48±1. 01 (mg/somu n)					D. Pasrija vd., 2015 [55]
Şeker Otu	Antidiyabeti k ve antimikrobi yal etki		51.98 IC50 (mg/ ml)				J. C. Ruiz-Ruiz vd., 2015 [56]

Tablo 4.1 Çeşitli ürünlerle zenginleştirilen ekmeğin biyoaktivite değerleri (devamı)

Brokoli Filizi Tozu	Serbest amino asitler açısından zengin ve kimyasal önleyici potansiyel	2.0 (mg GAE/g dw)		56.98±1.94 (EC50 mg dw/ml)	ABTS 12.69±0.53 (EC50 mg dw/ml)	LPO 83.93±2.71 (EC50 mg dw/ml)	U. Gawlik-Dziki vd., 2014 [57]
Kestane Unu	Zengin uçucu profil		1.04 mmol (Trolox eq./g of dw)				C. Dall'Asta vd., 2013 [58]
Narenciye Kabuğu		132.3±3.9 (mg GAE/g)	132.3±3.9 (mg GAE/g)		H2O2 indirgeme methodu 75.9±1.3 Vitamin C eşdeğer (mg/g)		Y.-S. Shyu vd., 2013 [59]
Maca Unu	Antiinflamatuar etki ve glukoz emilimini azaltma	0.39±0.07 (mg GAE/100 g dm)	21±1.7 İnhibisyon (%)		ABTS 40±1.7 İnhibisyon %	ORAC 1.621 ± 1.5 İnhibisyon %)	C. G. Rizzello vd., 2012 [60]
Sorgum Unu	Dikkate değer miktarda toplam diyet lifi	2.02±0.09 (mg GAE/g)	9.45±0.45 (µmol TE/g)				A. Yousif vd., 2012 [61]
Kişniş Yaprağı		33 (mg GAE/100 g örnek)	28 (DPPH % inhibisyon)	37.5 (mg FeSO4/100 g)			L. Das vd., 2012 [62]
Zencefil Tozu		0.710±0.009 (mg GAE/g dw)	0.242 ± 0.009 (mmol DPPH / mg dw/ml)				F. Balestra vd., 2011 [63]
Amarant h Unu		2.61 0.04 [mg/g dw]	3.55 0.22 [mmol Trolox/kg dw]	114.1 3.0 [mg Trolox/100 g dw]	Toplam Flavanoid [mg/g dw] 34.9 10		J. Chlopicka vd., 2011 [64]
Nar Kabuğu Ekstrakti 5 g/kg		815.5±8.07d (mg GAE/kg yağsız örnek KM)	3.55±0.04 (µmol TE/g yağsız örnek KM)		TEAC (µmol TE/g yağsız örnek KM) 5.25±0.37		Ö. Menteş Yılmaz, 2011 [65]

Tablo 4.1 Çeşitli ürünlerle zenginleştirilen ekmeğin biyoaktivite değerleri (devamı)

Zerdeçal Tozu	Kurkumin içeriği yüksek K, P ve Ca	160 (mg GAE/ 100 g)			β-Karoten - linoleat ağartma deneyi 79.8%±0.6 % antioksidan aktivite	H. S. Lim vd., 2011 [66]
Tam Tahıllı Unlar ve Lifler	Yüksek toplam diyet lifi ve protein içeriği	580 (µg/g) (bağlı fenolikler) 180 µg/g (serbest fenolikler)	5% (bağlı fenolikler) 38% (serbest fenolikler) (% inhibisyon)			S. Ragaee vd., 2011 [67]
Anka (Fermente Pirinç)	Yüksek monacolin K ve GABA	3.86±0.05 (mg özüt/ml)	7.78 ± 0.03 (mg özüt /ml) (at 3% destekleyici)			Y.-H. Tseng vd., 2011 [68]
Üzüm Yanürünü	Geliştirilmiş diyet fraksiyon içeriği	613.77±1.57 (mg GAE/100 g örnek)	15.02 (mm TRE/g dm	48 (mm Fe(II)/g dm)		S. Mildner-Szkudlarz vd., 2011 [69]
Şeker Pancarı Pekmezi	Zengin mineral içerikli yüksek protein ve basit lif		1677 (µmol TE/100 g)			B. Filipčev vd., 2010 [70]
Arpa Unu		280 (mg GAE/100 g dm		2.5 (mmol Fe/100 g dm)		A. K. Holtekjølen vd., 2008 [71]
Sarımsak ve fesleğen		0.278 (mM GAE/g)		0.368 (mM Fe2+/100 g)		D.N. Raba vd., 2007 [72]
Auricularia auricula polisakkarit unu	Yüksek basit lif ve mineraller		57% (DPPH % inhibisyon)			L. Fan vd., 2006 [73]

[1]GAE: gallik asit eşdeğeri, ORAC: oxygen radical absorbance capacity, CMC: Carboxy Methyl Cellulose, TFC: Total Flavonoid Content, SA: Sinapic Acid, TEAC: Trolox Equivalent Antioxidant Capacity, dm: Dry matter, TPC: Total Phenolic Content, DPPH: (di(phenyl)-(2,4,6-trinitrophenyl) iminoazanium radical scavenging activity, FRAP: Ferric Reducing Antioxidant Power, FIC: Flavonoid İçeriği, CHP: Metal Chelating Activity, CML: ne-(carboxymethyl)lysine

4.1.1 Süt Tozu

Burnaz ve Ertop [46] yaptıkları çalışmada geleneksel ekmeğe, % 2,5, 5 ve 10 olmak üzere farklı oranlarda süt tozu eklenerek ekmeğin kalite, antioksidan ve duyusal özellikleri açısından meydana gelen değişimlerini araştırmışlardır. Ekmek hamuruna süt tozu ilave ettikleri çalışmada % 10 süt tozu ilavesinin ekmekte en yüksek toplam fenolik içeriğini (TPC) verdiğini bildirmişlerdir. Analizler sonucunda DPPH, FRAP, ABTS oranı en yüksek ekmek yine % 10 süt tozu oranı ile yapılan ekmekte olmuştur. Yapılan çalışma neticesinde süt tozu katkı maddesi ile ekmekte antioksidan aktivite arasında doğrusal bir ilişki mevcut olduğu gözlenmiştir.

Bu çalışma neticesinde ana gıda maddesi olan ekmek, beslenme açısından süt tozu ile zenginleştirilebilir ve fonksiyonel bir ürün olarak gıda sektöründe yer alabilir sonucuna varılmıştır.

4.1.2 Meşe Palamudu Unu

Beltrão Martins vd. [47] farklı oranlarda meşe palamudu unu (% 23 ve % 35) eklenmesiyle glutensiz ekmeğin biyoaktif özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada kontrol ekmeği ile karşılaştırıldığında meşe palamudu unu eklenen ekmeğin antioksidan aktivitesinin arttığını bildirmişlerdir. % 35 oranı ile edilen ekmek % 23 oranı ile kıyaslandığında TPC ve antioksidan aktivite bakımından daha iyi sonuçlar vermiştir. Bu durumlar, ekmeğin formülasyonunda meşe palamudu ununun aşamalı olarak eklenmesinin pozitif etkisini göstermektedir. Flavonoid içeriği de meşe palamudu unu ilavesiyle artmış, ancak sadece % 35' lik ikame seviyesi ile kontrol ekmeğinden önemli ölçüde farklı ($p < 0,05$) bulunmuştur.

Meşe palamudu ununun, glutensiz ekmek üretimi için iyi bir biyoaktif bileşik ve antioksidan kaynağı olduğu sonucuna varılmıştır. Analiz edilen biyoaktif bileşiklerin tümü, flavonoidler dışında, glutensiz ekmeğe meşe palamudu ununun dahil edilmesiyle daha yüksek seviyeler sunmuştur.

4.1.3 Beyaz Dut

İnce ve Çağındı [48] dondurularak kurutulmuş beyaz dut posasını (BDP) (% 10) ve beyaz dut yaprağını (BDY) (% 3) yaptıkları çalışmada tam buğday unlu ekmeğin ve formu toz haline getirilmiş ekmeklik buğday ununun üretiminde kullanmıştır. Toplam fenolik madde miktarının en yüksek olduğu ekmeklerin dut yapraklı tam

buğday unlu ekmek ve dut yapraklı ekmeklik buğday unlu ekmekler olduğu ve değerlerinin 48,26±5,40 mg/100 g GAE olduğu sonucuna varılmıştır. Dut yapraklı tam buğday unlu ekmek 3,29±0,33 μM TEAC/g değeri ile antioksidan aktivitesi ilk sırada gelen ekmek olarak belirlenmiştir. İlk sırada dut yapraklı tam buğday unlu ekmek ve ardından ekmeklik buğday unlu ekmek en yüksek ve en düşük α-glikosidaz ve α-amilaz enzim inhibisyonu, antidiyabetik aktivite değerlerini sergilemiştir. Akarbozun α-glikosidaz ve α-amilaz enzim inhibisyon değerleri % 69,00 ve % 78,30 olarak bulunmuştur. Dut yapraklı tam buğday unlu ekmeğin ve beyaz dut yaprağının etkeni akarboz olan tıbbi ilaç için alternatif olabileceği saptanmıştır.

BDP ve BDY çözümlemeler sonucunda, inhibisyon değeri açısından akarboza uzak olmayan değerler sergilemiştir. Yine inhibisyon değerleri kıyaslandığında BDY BDP'den daha yüksek sonuçlar sunmuştur. Ayrıca dut meyvesinin ihtiva ettiği başka besin maddelerinin fenolik bileşiklerle karşılıklı etkileşime girmesi sonucu yapraktan daha az değerde fenolik ve antioksidan içerik bulunduğu gözlenmiştir. Çalışma sonucunda yapılan antidiyabetik aktivite incelemelerine göre tip 2 diyabet tedavisinde beyaz dut yaprak ve posasının eşil olarak değerlendirebileceği saptanmıştır.

Analizlerle beraber, dut yapraklı tam buğday unu ekmeğinin tip 2 diyabet hastalarının kullandığı akarboz ihtiva eden ilacın ilacın etkisiyle benzer etkiler gösterdiği gözlenmiş ve tip 2 diyabet hastalarının karbonhidrat etkinliğini azaltıcı olarak bu gıdayı kullanabilecekleri görüşüne ulaşılmıştır.

4.1.4 Siyah Kinoa

Ballester-Sánchez vd. [49] beyaz, kırmızı ve siyah kinoa tohumlarının unlarını % 25 oranında ekmek ununa ilave edip ekmeğin toplam polifenol içeriği ve antioksidan aktivitesini analiz etmişlerdir. Antioksidan aktiviteyi en çok geliştirenin siyah kinoa olduğu tespit edilmiştir. Bu bağlamda siyah kinoa ilavesinin ekmekte iyi bir antioksidan kaynağı olabileceğini bildirmişlerdir.

4.1.5 β-Glukan ve Siyah Çay

Mhd Jalil vd. [50] sindirim ve fermentasyonu taklit eden in vitro modelde; bağırsak mikrobiyotasının toplam polifenol ve SCFA üretimi üzerinde sinerjik bir etki olup

olmadığını belirlemek için yaptıkları bir çalışmada bir gıda matrisinde β-glukan ve siyah çayın birleştirilmesinin etkisi araştırmışlardır. β-Glukan ve Siyah Çay ikilisinin ekmeğe ikame edilmesinin siyah çay veya kontrol ekmeğine göre daha yüksek antioksidan aktivite geliştirdiği gözlenmiştir.

4.1.6 Soğan Atığı Tozu

Prokopov vd. [51] endüstriyel soğan atığı tozunu (SAT) yaptıkları bir araştırmada buğday ununda katkı maddesi olarak % 0, 1, 2, 3, 4 ve 5 olmak üzere farklı seviyelerde ilave etmiştir. Soğan atığı ilavesinin hamurun karışım özelliklerine ve ekmeğin kalitesine etkisi araştırılmıştır.

Ortaya çıkan ekmeğin antioksidan aktivitesine (toplam fenolik ve toplam flavonoid içeriği) SAT katkısını değerlendirmek için farklı SAT seviyeleri ile takviye edilmiş ekmeğin DPPH ve FRAP değerleri belirlenmiştir. Araştırmada SAT içeren ekmek, kontrol ekmeğine göre DPPH ve FRAP yöntemleriyle değerlendirilen toplam fenolik ve toplam flavonoid içeriği ve antioksidan aktiviteleri ile ($p < 0,05$) daha yüksek anlamlı bir sonuç göstermiştir.

Sonuç olarak SAT ilavesi, ekmeğin toplam fenolik ve toplam flavonoid içeriğini ve antioksidan aktivitesini önemli ölçüde arttırmıştır. Soğan atığı tozu ikame edilen ekmek ayrıca kontrol ekmeğine kıyasla daha yüksek diyet lifi içeriği göstermiştir.

4.1.7 Yulaf Unu

Topçu vd. [52] % 40 gibi yüksek sayılabilecek bir değerde (bu inceleme için istendik kalite standartlarının kabul edilebilir olduğu maksimum düzey) yulaf unu ihtiva eden ekmeklerin üretiminde yer alan proses aşamalarının fenolik bileşiklere ve antioksidan aktivite üzerine etkilerini ve bu bileşiklerin bu aşamalarda hangi düzeyde sabit kaldığını saptamayı hedeflemiştir.

Yulaf ununa ait serbest fenolik madde toplamı 82,1 mg GAE /100g k.m. olup, bağlı fenolik madde toplamı 14,3 mg GAE /100g k.m. olarak saptanmıştır. Buğday ununa kıyasla yulaf ununun serbest fenolik madde içeriğinin (35,8 ±0,5 mg GAE / 100g k.m.) neredeyse 2 kat daha fazla bulunduğu saptanmıştır ($p<0,05$). Ayrıca buğday unu bağlı fenolikler bakımından yulaf unundan daha düşük sonuçlar sunmuştur.

Toplam flavonoid miktarı analiziyle birlikte; yulaf ununda serbest flavonoidler buğday ununa kıyasla 4,5 kat, bağlı flavonoid miktarının ise 1,5 kat daha fazla olduğu

saptanmıştır. Ayrıca toplam flavonoid değerinin yulaf ununda buğday ununa göre neredeyse 2,5 kat daha yüksek bulunduğu saptanmıştır. Buğday ve yulaf unundaki bağlı, serbest ve toplam flavonoid madde değerlerinin birbirinden önemli düzeyde istatiksel olarak farklı bulunduğu bildirilmiştir ($p<0,05$).

Buğday unu ile yulaf ununun bağlı, serbest ve toplam antioksidan aktivite değerleri istatistiksel olarak önemli fark sunmamıştır ($p>0,05$). Bununla birlikte, CUPRAC yöntemi ile analiz edilen antioksidan aktivite oranları kıyaslandığında, buğdayın serbest ve bağlı bölüntülerindeki toplam antioksidan aktivite ve antioksidan aktivite değerlerinin yulafa göre daha düşük olduğu analiz edilmiştir. Aradaki mevcut farklılığın, CUPRAC yöntemi ile gerçekleştirilen ölçümlerde göze çarpan düzeyde yüksek sonuçlandığı gözlenmiştir.

Bu çalışmanın fırıncılık sektörüne fonksiyonel bir ürün önerisinde bulunabileceği, fenolik bileşik içeriği ve antioksidan aktivitesi arttırılmış gıdaların sayısını arttırabileceği bildirilmiştir. % 40 oranında yulaf unu katılan ekmeklik buğday unuyla üretilen yulaf ekmeğinin spesifik olarak içerdiği fenolik asit çeşitliliği sayesinde sağlığa faydasının yüksek olacağı saptanmıştır. Fenolik unsurların miktarlarında fermentasyon basamağı esnasında artış ve dönüşümler gerçekleştiği bildirilmiştir. Pişirme basamağında azalma meydana gelen flavonoid içeriği, fenolik bileşik ve antioksidan kapasitesini tolere edebilecek optimum düzeyde şartlar ve sıcaklıkları ele alabilmek için ekmek üretim basamaklarının iyileştirilmesi üzerine daha fazla analiz gerçekleştirilmesinin gerektiği bildirilmiştir.

4.1.8 Siyah Çay

Zhu vd. [53] buharda pişirilen ekmeklere (Chinese Steamed Bread) çeşitli çay / su oranlarına sahip siyah çay takviye ettikleri çalışmada siyah çayın ilavesinin, ekmeğin antimikrobiyal özellikleriyle birlikte fenolik içeriği ve antioksidan aktivitesini büyük ölçüde arttırdığını bildirmiştir. Bu etkinin en güçlü örneği 5:1 çay ve su oranından geldiği gözlemlenmiştir. Ayrıca siyah çay ilavesinin antimikrobiyal etki gösterdiği araştırma sonucunda rapor edilmiştir.

4.1.9 Pirinç Kepeği

Irakli vd. [54] tarafından yapılan bir araştırmada stabilize edilmiş pirinç kepeği ekmeğe farklı oranlar belirlenerek eklenmiştir. Pirinç kepeği eklenen tüm ekmekler

kontrol ekmeğine göre daha yüksek protein, kül, yağ ve toplam diyet lifi içeriği göstermiştir.

Pirinç kepeği ilavesi ile serbest ve bağlı toplam fenolik içerik (TPC), toplam flavonoid içeriği (TFC), ferulik asit, p-kumarik asit, sinapik asit ve ferrik indirgeyici antioksidan gücü (FRAP) ve 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) radikal değerleri karşılaştırılmıştır; en yüksek değerlerin ekmeği kontrol etmek için % 30 Pirinç kepeği ilaveli ekmek olduğu gözlemlenmiştir.

4.1.10 Yeşil Çay Özü

Pasrija vd. [55] tarafından yeşil çay polifenolleri kullanarak mikrokapsüllenmiş maltodekstrinin antioksidan etkiyi geliştirmek için ekmeğe dahil edildiği araştırmada yeşil çay polifenolleri içeren ekmeğin kalite ve işlevsellik özelliklerinin geliştiği gözlenmiştir. Çalışma sonucunda yeşil çay özü ikamesinin ekmeğin TPC özelliklerinde etkili olduğu vurgulanmıştır.

4.1.11 Şeker Otu (Stevia Rebaudiana) Bitkisi Özü

Ruiz-Ruiz vd. [56] sakkarozun farklı miktarlarda Stevia Rebaudiana özleri ile kısmen değiştirilmesiyle hazırlandığı ekmekte azaltılmış şeker içeriği ilavesi ile beraber ekmeklerin önemli ölçüde daha yüksek antimikrobiyal aktivite göstermiş olduğunu ve en yüksek değerleri % 75 ilave oranında görüldüğünü bildirmişlerdir. Stevia Rebaudiana bitkisi özü ile geliştirilen ekmeklerin toplam diyet, çözünmeyen ve çözünür lif içeriğinin kontrol ekmeğine göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

4.1.12 Brokoli Filizi Tozu

Gawlik-Dziki vd. [57] tarafından ekmek, antioksidan ve anti-kanserojen etkiyi geliştirmek için farklı oranlarda Brokoli filizi tozu ile zenginleştirilmeye çalışılmıştır. % 2 destek ürünü ilaveli ekmeğin en iyi tüketici kabulü, antioksidan aktivite ve LOX (lipoxygenase enzyme) engelleme özelliğine sahip olduğu gözlenmiştir. Ayrıca çalışma ile Brokoli filizi tozunun bağımsız amino asit miktarı ve kemopreventif potansiyeli arttırdığı gözlenmiştir.

4.1.13 Kestane Unu

Dall'Asta vd. [58] yaptıkları bir araştırmada ekmeğe farklı miktarlarda kestane unu, yağ asidi ve antioksidan kaynağı ilave etmiştir. Ekmeğin, formülasyonuna % 50 'ye

kadar eklenen kestane unu ilavesi ile birlikte antioksidan akivite, uçucu madde seviyesi ve aldehitler, ketonlar, furanlar bakımından doğrusal bir gelişme gösterdiği gözlenmiştir.

4.1.14 Narenciye Kabuğu

Shyu vd. [59] fermente edilmiş ve fermente edilmemiş narenciye kabuğunu antioksidan özelliklerini geliştirmek amacıyla tost ekmeği işlemine dahil ettikleri çalışmada fermente edilmemiş narenciye kabuğunun, kontrol ekmeğine göre daha iyi antioksidan aktivite gösterdiğini bildirmiştir.

4.1.15 Maça Unu

Rizzello vd. [60] tarafından yapılan bir çalışmada fonksiyonel özelliklerini arttırmak için ekmeğe farklı oranlarda dahil edilen maca ununun güçlü bir antioksidan etki yarattığı gözlenmiştir. Maça unu turpgiller familyasına ait olan Maça kökünün tozundan elde edilen undur. Maca unu ilaveli ekmeğin en yüksek antioksidan değeri % 20 oranında maça unu ikame edilmiş ekmekte gözlenmiştir. Maça unu ilaveli ekmeğin antioksidan özellikleri, DPPH'i indirgeyici etkisi, ABTS ve hidroksil radikallerinde antienflamatuar etki göstermiştir.

Ayrıca çalışmada maça unu ikamesinin şeker alımını azaltabildiği rapor edilmiştir; maca ununun dahil olduğu proses ortamında α-amilaz ve α-glukozidaz inhibe olmuş, bu inhibisyonun maksimum değerleri ise % 20 ilave oranında gözlenmiştir.

Çalışma sonucunda maca ununun biyolojik özelliklerinin ekmek yapma sürecinde etkili olacağı bildirilmiştir.

4.1.16 Sorgum Unu

Yousif vd. [61] tam tahıllı beyaz ve kırmızı sorgum ununun farklı oranlarını diyet lifi ihtiyacını karşılamak ve antioksidan etkiyi araştırmak amacıyla pide ekmeğine ilave ettikleri çalışmada; toplam fenolik içerik ve antioksidan kapasitesi bakımından kırmızı sorgum pidesinin beyaz sorgum pide ekmeğinden önemli oranda daha yüksek bulunduğu bildirilmiştir. Kırmızı sorgum unu eklenen ekmeğin bağlı ve serbest fenolik madde içeriği bakımından hem beyaz sorgum unlu ekmekten hem de kontrol ekmeğinden daha yüksek içeriğe sahip olduğu gözlenmiştir.

4.1.17 Kişniş Yaprağı

Das vd. [62] değişken miktarlarda kişniş yaprağı tozunu antioksidan aktivite bakımından zenginleştirme için ekmekte kullandıkları çalışmada; TPC, DPPH ve FRAP testi sonuçlarına bakarak kişniş yaprağı tozu ilavesi ile bu özellikler arasında doğrusal bir etkileşim söz konusu olduğunu bildirmişlerdir.

4.1.18 Zencefil Tozu

Balestra vd. [63] yaptıkları çalışmada farklı miktarlarda zencefil tozu antioksidan bakımından zengin ekmek elde etmek için kullanmıştır. Çalışma sonucunda yapılan gözlemlere göre fenolik madde ve DPPH miktarı zencefil tozu ikamesi ile orantılı olarak arttığı bildirilmiştir.

4.1.19 Amaranth Unu

Chlopicka vd. [64] antioksidan özellikleri ve duyusal değerlerin gelişmini araştırmak amacıyla iki farklı dozda (% 15, % 30) karabuğday, amaranth ve kinoa ununu ekmek prosesine dahil etmiştir.

Karabuğday ununun buğday ununa ilavesi amaranth ve kinoa ikamelerine göre daha etkili antioksidan durum geliştirdiği gözlemlenmiştir. Karabuğday ekmeğinin en yüksek fenolik bileşiklerin içeriğine sahip olduğu bildirilmiştir.

4.1.20 Nar Kabuğu Ekstratı

Menteş Yılmaz [65] tarafından yapılan çalışmada beyaz ekmeğin antioksidan aktivitesini artırmak amacıyla formülasyonuna farklı oranlarda (0,5, 1,0, 2,5, 5,0 ve 7,5 g/kg) nar kabuğu ekstraktı ilave edilmiş; ekmek kalitesine, ekmeğin toplam fenolik madde miktarına ve antioksidan aktivitesine etkisi araştırılmıştır. Nar kabuğu ekstraktı ilavesi ile artan konsantrasyona bağlı olarak ekmeklerin toplam fenolik içerikleri ve antioksidan aktivitelerinde artış sağlandığı bildirilmiştir.

Ekmeklerin serbest fenolik madde miktarları 248,8-835,7 mg GAE/kg, bağlı fenolik madde miktarları ise 153,9-195,4 mg GAE/kg arasında değerler göstermiştir. DPPH yöntemine göre serbest fenoliklerin antioksidan aktiviteleri 0,37- 3,70 μmol TE/g arasında bağlı fenoliklerin antioksidan aktiviteleri ise 0,46- 0,85 μmol TE/g arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Bu değerlerin TEAC yöntemine göre ise sırasıyla 0,97-6,03 μmol TE/g ve 0,76-1,41 μmol TE/g arasında değiştiği tespit edilmiştir.

4.1.21 Zerdeçal Tozu

Lim vd. [66] farklı miktarlarda zerdeçal tozu antioksidan bakımından zengin ekmek elde etmek için kullandıkları çalışmada ekmeğin pişirildikten sonra TPC oranında % 32-54 bir kayba rağmen, ekmeklerin önemli ölçüde daha yüksek fenolik içerik gösterdiğini gözlemlemişlerdir. Çalışma sonucunda yapılan araştırmalara göre süpürücü aktivite, termal stabilite ve antioksidan özellikler β-karoten-linoleat ağartma tahlilleri ile test edildiğinde zerdeçal tozu ilaveli ekmek kontrol ekmeğine göre % 2–8 daha yüksek içerik göstermiştir.

4.1.22 Tam Tahıl Unları ve Lifleri

Ragaee vd. [67] tarafından yapılan çalışmada buğday, çavdar, arpa ve yulaf kepekli unları ve selülozları (çözünmeyen lif) ve ksantan sakızı (çözünür lif) farklı miktarlarda beyaz ekmeğe ilave edilmiştir. Yulaf ilaveli ekmeğin en yüksek seviyelerde serbest fenolik içeriği gösterdiği, çavdar ekmeğinin ise en yüksek düzeyde bağlı fenolik ve en iyi inhibisyon kapasitesi özellikleri gösterdiği bildirilmiştir.

4.1.23 Anka (Fermente Pirinç)

Tseng vd. [68] kırmızı-fermente pirinç ununu (anka) ekmeğe antioksidan özelliklerini güçlendirmek için dahil ettikleri çalışmada anka unu ile zenginleştirilmiş ekmeğin kontrol ekmeğine göre biraz daha düşük özgül hacme ve daha az karbonhidrata ancak daha yüksek miktarlarda indirgenmiş şekerlere sahip olduğunu gözlemiştir. Anka ilavesi ile zenginleştirilmiş ekmekte fonksiyonel bileşenler olan monacolin K ve GABA'nın önemli miktarları bulunduğu rapor edilmiştir.

4.1.24 Üzüm Yan Ürünleri

Mildner-Szkudlarz vd. [69] çavdar ekmeğinin antioksidan özelliklerini arttırmak için üzüm yan ürünleri ilave ettikleri çalışmada ilave edilen üzüm yan ürünleri ile birlikte bazı fenolik bileşikler ile DPPH ve toplam antioksidan aktivite değerlerinin kademeli olarak arttığını bildirmiştir. Üzüm yan ürünleri ile zenginleştirilmiş ekmeklerin geliştirilmiş antioksidan özellikleri, fenolik bileşiklerin (özellikle kateşinlerin ve prosiyanidinlerin) ilave edilmesine atfedilebilir olduğu rapor

edilmiştir. Bu ilavelerle birlikte önemli miktarda biyoaktif etken olarak quercetin ve quercetin-3-β-D-glukozit de bulunduğu rapor edilmiştir.

4.1.25 Şeker Pancarı Pekmezi Bazlı Bileşenler

Filipčev vd. [70] ozmotik dehidrasyon (OD) ile elde edilen meyve ve sebze tozları olarak geliştirilen pancar pekmezi ve saf pancar pekmezini antioksidan özelliklerini artırmak için beyaz ekmeğe ilave ettikleri çalışmada OD sebze tozlarının önemli ölçüde, OD meyve tozlarından daha fazla protein, ham lif, indirgen şeker, sakkaroz, K, Na, Mg ve Ca içerdiği gözlenmiştir. Kırmızılahana tozu (% 10) ile desteklenen ekmek en yüksek protein, ham lif ve mineral içeriği değerlerini göstermiştir. Ek olarak pekmez ve melas bazlı bileşenler ekmeğin antioksidan aktivitesini önemli ölçüde artırmıştır, en yüksek değerler % 10 OD erik tozu ile formüle edilmiş ekmekte gözlemlenmiştir.

4.1.26 Arpa Unu

Holtekjølen vd. [71] tarafından yapılan çalışmada farklı arpa çeşitlerinden yararlanarak değişken miktarlarda arpa unu antioksidan açısından zengin ekmek yapmak için buğday ununa eklenmiştir. Çalışma sonucunda serbest flavonollerden oluşan fenolik asitler dahil tokoferol bağlı fenoliklerin oranları kontrol ekmeğine göre daha yüksek çıktığı bildirilmiştir. Tyra çeşidi ile zenginleştirilmiş ekmek, kontrol ekmeğinden önemli ölçüde daha yüksek seviyelerde serbest fenolik ve toplam antioksidan aktivite içeriği göstermiştir. Antioksidan özellikler zenginleştirilen arpa çeşidine ve un ekstraksiyon oranı ile lineer etki gösterdiği gözlenmiştir.

4.1.27 Sarımsak ve Fesleğen

Raba vd. [72] farklı oranlarda sarımsak ve fesleğen ekmeğin formülasyonuna ilave ettikleri çalışmada; toplam antioksidan aktivite (TAC) ve polifenol içeriği beyaz ekmeğe göre sarımsak ve fesleğen ilaveli ekmeklerde daha yüksek çıktığını bildirmişlerdir. Fesleğen ilaveli ekmek sarımsak ilaveli ekmekten daha yüksek TAC ve polifenol içeriği sergilemiştir. Maksimum antioksidan aktivite % 1,5 takviyeli fesleğen ikameli ekmekte gözlenmiştir. Sarımsak ve fesleğen ile yapılan ekmek diyette antioksidanların kaynağı olarak değerlendirilebilir görüşü çalışma sonucunda güçlenmiştir.

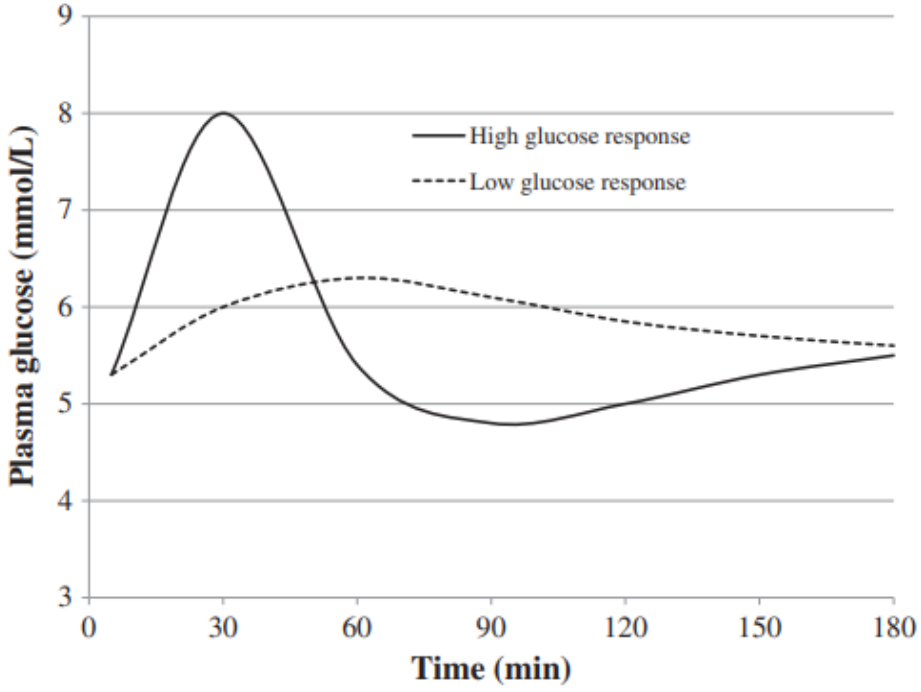
4.1.28 Auricularia Auricula Polisakkarit Un

Auricularia auricula genellikle siyah odunsu kulak veya ağaç kulak mantarı olarak adlandırılan ağaç gövdesinde yetişen bir mantar türü olarak bilinmektedir. Fan vd. [73] yaptıkları çalışmada çeşitli miktarlarda Auricularia auricula polisakkarit ununu (AAPF) beyaz ekmeğe eklemişlerdir. AAPF'nin, buğday ununa kıyasla yüksek oranda ham lif, karbonhidrat ve Fe, Ca, P, Mg gibi mineral içeriğine sahip olduğu bilinirken çalışma neticesinde AAPF takviyesi ile ekmek DPPH içeriği bakımından belirgin bir artış gösterdiği gözlenmiştir. Hem besin hem de antioksidan içerikler bakımından AAPF ikamesinin sonuçları ekmek için fonkisyonel gıda tanımlamasını kuvvetlendirmiştir.

4.2 Glisemik İndeks Değerinin Düşürmeye Yönelik Çalışmalar

Glisemik indeks (Gİ) kavramı ilk defa Kanadalı D. Jenkins tarafından 1980'li yılların başında ortaya konmuştur. Glisemik indeks 50 g karbonhidrat içeren gıdanın iki saat içerisinde oluşturduğu kan glukozu artış alanının, aynı miktarda karbonhidrat içeren referans gıdanın oluşturduğu kan glukozu artış alanına kıyaslanmasıdır [74].

Gıdalar düşük, orta ve yüksek Gİ'li gıdalar olarak üç gruba ayrılırlar. Düşük Gİ'ye sahip gıdalar kan glukozunu yavaş yükseltirken, yüksek Gİ'li gıdalar kan glukozunu hızlı yükseltirler. Düşük ve yüksek glisemik indeksli gıdaların kan glukoz seviyesine etkileri Şekil 4.1'de verilmiştir [75].



Şekil 4.1 Düşük ve yüksek glisemik indeksli gıdaların kan glukoz seviyesine etkileri [75]

Yüksek glisemik indeksli gıdaların Tip 2 diyabet riskini artırdığı bilindiğinden beri, daha sağlıklı karbonhidratlı gıdaların uygun maliyet ile geliştirilmesi için yeni stratejiler üretilmektedir [76].

Düşük glisemik indeksli (Gİ) gıdalar, tip 2 diyabetin önlenmesini ve yönetimini destekleyebilir ve kardiyometabolik sağlığa fayda sağlayabilir [77].

Pek çok buğday ekmeği, pirinç ve patates türü karbonhidrat içeren gıdalar yüksek Gİ'ye sahip olma eğilimindeyken, bakliyatlar (örneğin nohut, fasulye ve mercimek) düşük GI gıdalar arasındadır. Bu gıdalar sağlıklı ve diyabetik bireylerde glisemik kontrolü iyileştirebilir [78].

Bajka vd. [79] tarafından yapılan çalışmada buğday ununu hücresel baklagil tozu ile değiştirmenin ekmekte nişasta biyolojik erişilebilirliği, glisemik yanıt ve ekmek kalitesi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada, temel bir gıdaya eklenen yeni bir hücresel "un" un glisemik potansiyelini ve temelini oluşturan mekanizmaları göstermek için in vitro ve in vivo tekniklerin bir kombinasyonu kullanılmıştır. İlk olarak bozulmamış baklagil hücre tozlarından tip 1 dirençli nişasta kullanımının ekmek yapma süreci araştırılmıştır. Daha sonraki süreçlerde glisemik indeks ve

ürün kalitesi etkilerini araştırmak amaçlanmıştır. Daha sonra ise beyaz buğday ekmeğine buğday unu ikamesi olarak baklagil bozulmamış hücre tozunun dahil edilmesinin glisemik ve ürün kalitesi etkilerini araştırmak hedeflenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda ikame edilen baklagil içeriğinin, ekmeklerde tip 1 dirençli nişasta miktarını arttırdığı gözlenmiştir. Ayrıca baklagil içeriği ile zenginleştirilmiş ekmeklerin, 100 g'da daha az nişasta içermiş ve bu nedenle buğday kontrol ekmeğinden daha düşük bir glisemik yük sağladığı bildirilmiştir. Çalışma sonucunda, diyabetik ve diyabetik kohortlarda glisemik kontrol üzerine hücresel baklagil tozları ile zenginleştirilmiş ekmek ve diğer ürünlerin daha fazla müdahale denemelerinin yapılması için güçlü bir gerekçe sağladığı rapor edilmiştir.

Buğday türlerinin özelliklerinin karşılaştırıldığı çalışmada Çetiner [80], yeni ve eski ekmeklik buğday çeşitleri kullanılarak üretilen tam buğday ekmeklerinin (TBE) in vitro tahmini glisemik indeks değerlerini belirlemiştir. Çalışmada kullanılan çeşitler arasında tahmini glisemik indeks değerleri bakımından istatistiksel olarak önemli 108 fark olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Yeni buğday çeşitleri ile üretilen tam buğday ekmek örneklerinin tahmini glisemik indeks değerleri 77,0 – 82,3 arasında değişmiştir. Eski buğday çeşitleri ile üretilen tam buğday ekmek örneklerinin tahmini glisemik indeks değerleri 77,6 – 82,5 arasında değişmiştir. Çalışmada kullanılan yeni çeşitlere ait tam buğday ekmeklerinin tahmini glisemik indeks değerleri Bayraktar 2000 çeşidinde en yüksek (82,3), Tosunbey ve Esperia çeşitlerinde ise en düşük değerler (77,1 ve 77,0) olarak saptanmıştır. Eski çeşitlere ait tam buğday ekmeklerinde tahmini glisemik indeks değerleri bakımından, en yüksek değerler Kıraç 66, Ak 702, Ankara 093/44 ve Köse 220/39 çeşitlerinde (82,5, 82,3, 81,6 ve 81,5), en düşük değer ise Bezostaya 1 çeşidinde (77,6) tespit edilmiştir. Tahmini glisemik indeks değerleri bakımından yeni ve eski çeşitler beraber değerlendirildiğinde, Kıraç 66, Ak 702, Bayraktar 2000, Ankara 093/44 ve Köse 220/39 çeşitlerinde (82,5, 82,3, 82,3 81,6 ve 81,5) çeşitlerinde en yüksek değerler, Tosunbey ve Esperia çeşitlerinde ise en düşük değerler (77,1 ve 77,0) saptanmıştır. Yeni çeşitler ve eski çeşitlere ait tam buğday ekmeklerinin ortalama tahmini glisemik indeks değerleri karşılaştırıldığında, aralarındaki farklar önemli bulunmamıştır. Eski çeşitlerin ortalama tahmini glisemik indeks değeri 80,4; yeni çeşitlerin ise 79,6 olarak saptanmıştır. Beyaz ekmeğin glisemik indeks değeri 100 kabul edilerek, yeni buğday çeşitleri ile üretilen tam buğday ekmek örneklerinin

tahmini glisemik indeks değerleri 77,1 – 82,3 arasında; eski buğday çeşitleri ile üretilen tam buğday ekmek örneklerinin tahmini glisemik indeks değerleri ise 77,6 – 82,5 arasında değişmiştir. Yeni çeşitler ve eski çeşitlere ait tam buğday ekmeklerinin ortalama tahmini glisemik indeks değerleri karşılaştırıldığında, aralarındaki farklar önemli bulunmamıştır. Eski çeşitlerin ortalama tahmini glisemik indeks değeri 80,4; yeni çeşitlerin ise 79,6 olarak saptanmıştır.

Chusak vd. [81] öğün sonrası glisemik yanıt üzerine antosiyanin bakımından zengin Riceberry pirincinden yapılan ekmeğin etkisini glukagon benzeri peptid-1 (GLP-1), antioksidan durumu ve öznel iştah sonuçlarını değerlendirmeyi amaçlayarak bir deney uygulamışlardır. Çarpraz desenli tasarıma sahip olan deneyde 16 sağlıklı bireyin (6 erkek 10 kadın) gıda (50 g karbonhidrat) tüketiminden 30, 60, 90, 120, 150 ve 180 dakika sonra kan alımını içeren dört seans uygulanmıştır. Pirinç üzümü pirinci ekmeği (RRB), yasemin pirinci olarak bilien hom mali ekmeği (HMB) ve beyaz ekmek (WB) kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan ekmek tipleri Şekil 4.2'de verilmiştir.



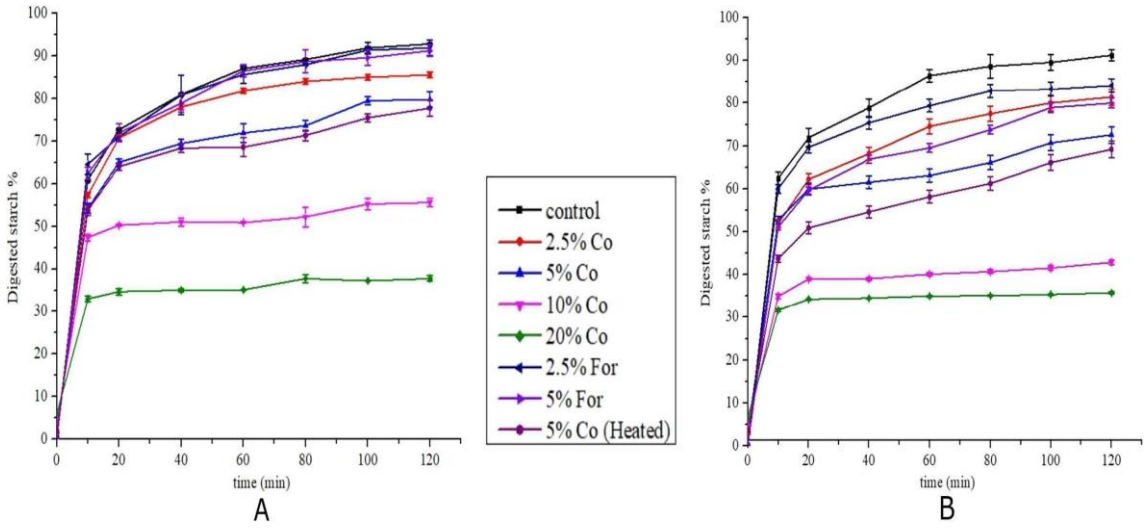
Şekil 4.2 C. Chusak vd.' nın çalışmasına ait ekmek tipleri [81]

Çalışma, 50 g mevcut karbonhidrat içeren tüm ekmeklerin, yemek sonrasında geçen 30 dakikada kan şekeri zirvesinde bir artışı teşvik ettiğini bulmuştur ve tüketimden 120 dakika sonra kademeli olarak taban çizgisine düşmüştür.

Yasemin pirinci ekmeği ile karşılaştırıldığında, pirinç üzümü pirinci ekmeği, önemli ölçüde daha düşük bir pik ve yemek sonrası plazma glukozu ve insülin konsantrasyonu göstermiştir. Bu etki pirinç üzümü pirinci ekmeği ve yasemin pirinci ekmeğinin nişasta bileşenlerinin ayrımına atfedilmiştir. Beyaz ekmek ve pirinç üzümü pirinci ekmeği tüketimi arasındaki sonuçlar yemek sonrası glukoz ile

insülin arasında anlamlı bir fark göstermediği ayrıca glisemik indeks sırasının HMB> WB = RRB olduğu rapor edilmiştir.

Kan vd. [82] tarafından yapılan bir çalışmada, dut polifenollerinin nişasta sindirimi üzerindeki etkisini hem meyve özütünün ekmekle birlikte sindirilmesiyle hem de ekmeğin meyve özü ile güçlendirilmesiyle *in vitro* olarak araştırmışlardır. Farklı konsantrasyonlarda yaban mersini polifenol ekstresi (A) ve ahududu polifenol ekstresi (B) ile birlikte sindirilmiş veya takviye edilmiş kontrol ekmeğininin vitro nişasta hidroliz profilleri Şekil 4.3'te verilmiştir.



Şekil 4.3 L. Kan vd.'nın çalışmasına ait vitro nişasta hidroliz profilleri (A: Yaban mersini polifenol özünün farklı konsantrasyonları, B: Ahududu polifenol özünün farklı konsantrasyonları, Co: Birlikte sindirim, For: Fortification) [82]

Sonuçlar, ekmeğin meyve özleri ile birlikte sindirilmesinin nişasta sindirim oranını ve miktarını önemli ölçüde azalttığını göstermiştir.

Rieder vd. [83] tarafından yapılan bir çalışmada tahıl beta-glukanının (yulaf kepeği konsantresi, arpa unu) yemek sonrası glisemik tepkileri azaltabilme etkisi üzerinde durulmuştur.

Sağlıklı yetişkinlerde glisemik tepkileri azaltma yeteneği metot olarak 5 farklı test ekmeği 4 farklı malzemeyle hazırlanmıştır. Hazırlanan ekmek türlerine genel bakış Tablo 4.2'de sunulmuştur.

Tablo 4.2 A. Rieder vd.' nın yaptıkları çalışmada farklı test ekmeklerinin hazırlanmasına ve işlenmesine genel bakış

	EFSA KRİTERLERİNİ KARŞILAMA[1]			
EKMEK	**Yemek Sonrası Glikoz İndirgeme[2]**	**LDL Kolesterol İndirgeme[3]**	**UN**	**İŞLEME**
İndirgenmişOBCB	+	+	50% OBC + 50% Buğday	Uzun İşleme
OptimalOBCB	+	+	50% OBC + 50% Buğday	Ayrı hamurlar
DüşükOBCB	-	+	25% OBC + 75% Buğday	Ayrı hamurlar
Arpa Ekmeği	-	+	40% Arpa + 60% Buğday	Ayrı hamurlar
Kontrol Ekmeği	-	-	100% Buğday	Standart

[1]EFSA: Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi

[2]Ürünün mevcut 30 g karbonhidrat başına en az 4 g beta glukan içermesini gerektirir

[3] Ürünün porsiyon başına en az 1 g beta-glukan içermesini ve paketin gerekli toplam günlük 3 g beta-glukan dozu hakkında bilgi vermesini gerektirir.

İndirgenmiş OBCB, ekmek üretimi sırasında beta-glukanın bozulmasını sağlamak için hazırlanmıştır. Bu, tüm bileşenlerin bir araya getirilmesiyle 5 saatlik süreçte elde edilmiştir; bu süreç, beta-glukanı OBC'de depolimerize etmek için buğday unundaki beta-glukanı parçalayan enzimlere yeterli zaman kazandırmıştır. Arpa ekmeği, beta-glukan moleküler ağırlık azalmasını en aza indirgeyen önceden optimize edilmiş bir pişirme prosedürü ile üretilmiştir.

Fizyolojik koşullar altında ekmeklerdeki beta-glukanın fizikokimyasal özelliklerini belirlemek için tüm test gıdaları, *in vitro* sindirim prosedürüne tabi tutulmuştur. Glisemik yanıtın potansiyel bir *in vitro* prediktörü olarak hızla sindirilebilen nişasta miktarı (RDS) ve test ürünlerinden glikoz salınım kinetiği belirlemiştir. Sonuçlar Tablo 4.3'te sunulmuştur.

Tablo 4.3 Yemek sonrası kan glikoz tepkileri

ÜRÜN	**PBGR (mmol/L)[2]**	**iAUC (mmol x min/L)**	**GI (kontrol yüzdesi)**
Kontrol (glikoz)	3,94 ± 0,24 a	180,4 ± 14,9 a	100
Beyaz ekmek	2,93 ± 0,27 b	165,8 ± 20,4 a	84 ± 7 a
Arpa ekmeği	2,68 ± 0,26 bc	139,9 ± 18,0 ab	72 ± 6 ab
Düşük OBCB	2,51 ± 0,25 bcd	104,4 ± 9,3 b	65 ± 4 ab
İndirgenmiş OBCB	2,28 ± 0,21 cd	107,1 ± 10,3 b	64 ± 5 b

Tablo 4.3 Yemek sonrası kan glikoz tepkileri (devamı)

Optimal OBCB	2,11 ± 0,19 d	106,8 ± 13,9 b	57 ± 4 b
Lompe ekmeği	2,04 ± 0,27 d	113,4 ± 16,4 b	63 ± 6 b

[1]Tüm durumlar için ortalama değerler ± ortalamanın standart hatası (n = 14-12; ortalamadan daha yüksek değerler + 2 kez Standart sapma kaldırıldı). Sütunlarda aynı harflerin ardından gelmeyen değerler p <0,05 düzeyinde önemli ölçüde farklıydı.

[2]PBGR: Tepe ve açlık kan şekeri arasındaki fark

OBCB ve lompe içeren her üç ekmek de orta aralıkta (55-70) GI'ye sahip olduğu gözlenmiştir. Bununla birlikte, düşük OBCB ve beyaz ekmek için GI'deki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Korem vd. [84] tarafından randomize çapraz desenli 1 haftalık iki diyet müdahalesinin denenmesi yapılmıştır. Çalışmada ekşi hamur ve beyaz ekmeğin glisemik yanıtları ölçülmüştür. 20 sağlıklı birey (11 kadın 9 erkek) 2 gruba ayrılmış her gruba 1'er hafta randomize şekilde 1 hafta ekşi hamur 1 hafta beyaz ekmek sunulmuştur. Beyaz ve ekşi mayalı ekmek arasında klinik parametreler üzerinde farklı muamele etkilerinin olmadığı gözlenmiştir. Gİ ölçümlerinde yemek sonrası glisemik tepki kişilerarası yüksek değişkenlik göstermiştir.

Stamataki [85] tarafından yapılan bir çalışmada, farklı ekmek proseslerinin yemek sonrası glikoz ve insülin tepkilerini inceleyen araştırmalar derlenmiştir. Proses tipleri ekşi hamur ve diğer prosesler olarak ikiye ayrılmış, ilgili çalışmalar bu iki kategoride incelenmiştir. Farklı mayalanma türüne sahip olan ekmeklerin yenilmesinden sonra glikoz ve insülin tepkilerini inceleyen çalışmalar ele alınmıştır. İncelemeler sonucunda beyaz veya tam buğday ekmeklerin ekşi hamur fermentasyonunun sürekli olarak Gİ'yi zayıflattığı gösterilmiştir.

Ekşi hamur ile mayalanmış ekmekler normal mayalanmış ekmeklere göre daha düşük kan glukozu değerleri sergilemiştir. Ekşi hamurlu; kepekli buğday ve beyaz buğday ekmekler glikoz tepkisinde farklılıklar göstermemiştir. Ayrıca çalışma sonucunda çözünemeyen lifler glisemik potansiyeli etkilemiyor olarak değerlendirilmiştir. Araştırma sonuçları incelendiğinde farklı maya başlangıçları farklı laktik ve asetik asit konsantrasyonlarına da yol açtığı gözlemlenmiş dolayısıyla farklı Gİ değerleri elde edilebilmiştir.

Vuksan vd. [86] tarafından yapılan bir çalışmada Salba (*Salvia hispanica* L.) tam tahılının sağlıklı bireylerde yemek sonrası glisemiyi azaltıp azaltmadığı, diyabetli bireylerde gözlenen kardiyoprotektif etkilerinin olası bir açıklaması olarak değerlendirilmiştir. Randomize kontrollü bir desene sahip çalışmaya 11 sağlıklı birey (6 erkek, 5 kadın; vücut kitle indeksi kg / 22,3 ± 2,8 2 alınan) katılmıştır. Deneyde; 0, 7, 15 veya 24 gr Salba (*Salvia hispanica* L., Chia) beyaz ekmeğe eklenmiş ve glisemik yanıtlar yemekten sonra 15, 30, 45, 60, 90, 120 dakika sonra analiz edilmiştir. Analizler sonucunda postprandiyal glisemide bir doz-cevap azalma (p = 0,002, r, 2= 0,203) Salba'nın her üç dozunda da gözlenmiştir. İştah derecelendirmeleri yüksek ve orta seviyede 60 dakikada, yüksek ve orta seviyede 90 dakikada ve tüm tedavilerden sonra 120 dakikada azalmıştır (p <0,05). Yemek sonrası glisemideki azalma, daha önce tip 2 diyabette 12 haftalık Salba takviyesinden sonra gözlemlenen kan basıncı, pıhtılaşma ve inflamatuar belirteçlerdeki gelişmeler için potansiyel bir açıklama sağlamıştır. Çalışma sonucunda ortalama olarak, beyaz ekmeğin içinde pişirilen her gram Salba, kontrol ekmeğine kıyasla yemek sonrası glisemiyi % 2 azaltmıştır.

Udani vd. [87] tarafından yapılan çalışmada; beyaz fasulye (*Phaseolus vulgaris*) kullanılarak beyaz ekmeğin glisemik indeksini düşürmek amaçlanmıştır. 13 kişi üzerinde denenen çalışmada kapsül ve toz formu halinde her biri 1500 mg, 2000 mg ve 3000 mg dozajlarda beyaz fasulye ekmeğe ikame edilerek kullanılmıştır. Kapsül formülasyonu için, 1500 mg ve 2000 mg dozun Gİ üzerinde etki göstermemiştir. 3000 mg kapsül dozu ise GI'de önemsiz azalmalara neden olmuştur. Bu çalışmadan elde edilen veriler ilavelerle birlikte GI'de düşüşler olduğunu göstermiştir. Toz formundaki beyaz fasulye için ise 1500 mg ve 2000 mg'lık dozlar GI'de önemsiz azalmalara neden olmuş, 3000 mg'lık doz dikkate değer etki etmiştir.

Kristensen vd. [88] tarafından yapılan bir çalışmada, hipotez, kepekli ürünlerin tokluk hissini artıracağı ve sonraki enerji alımını ve glukoz tepkisini azaltacağı şeklinde kurulmuştur. Yirmi genç birey (10 kadın ve 10 erkek) üzerinde yapılan çalışmada; bilinen kronik hastalıklara sahip olanlar (diyabet, hipertansiyon, hiperlipidemi) sigara kullananlar, düzenli sporcular (Günde 10 saatten fazla), düzenli ilaç kullananlar, diyet takviyeleri alanlar ve gıda intoleransları kullananlar veya aromalı içeriklerin bileşimi ile ilgili hoş tutumu olmayanlar dışarıda

bırakılmıştır. Çoklu çarpraz randomize desenli çalışmada dört farklı izo kalorili yemek 20 deneğe sunulmuştur. Test ürünleri; rafine buğday ekmeği, tam buğdaylı ekmek, rafine buğday makarna ve tam buğday makarna'dan oluşmuştur.

Çalışma sonucunda, diyet küspesi bakımından zengin kepekli ekmeklerin tokluk hissini artırdığı ve bu etkinin glisemik yanıtla ilişkili olmadığı gösterilmiştir. Bununla birlikte, toklukta gözlemlenen artış, sonraki öğünde enerji alımının azalmasıyla doğrulanmamıştır. Bu nedenle bu bulgular, kepekli ürünlerden yapılan ürünlerin enerji dengesinin düzenlenmesi üzerindeki rolünü ikna edici bir şekilde desteklememiştir.

Najjar vd. [89] tarafından yapılan bir çalışmada birinci ve ikinci öğünlerden sonra farklı kompozisyonlardaki ekmeklerin yenilmesinin kan glikozu üzerindeki akut etkisi araştırılmıştır. Araştırmacılar tam buğdaylı veya ekşi mayalı ekmek tüketiminin beyaz ekmekle karşılaştırıldığında, birinci ve ikinci öğünden sonra glikoz homeostazının biyolojik belirteçleri üzerinde olumlu bir etkiye sahip olacağını varsaymıştır.

Fazla kilolu (obez) on gönüllü, dört ekmeğin (beyaz, tam buğday, ekşi maya, kepekli arpa) her birinden 50 g karbonhidrat tüketmiştir ardından 3 saat sonra standart bir ikinci öğün tüketmiş bundan 2 saat sonra glikoz, insülin, parasetamol (mide boşalmasının dolaylı belirteci) tayini, glukoza bağımlı insülinotropik polipeptit (GIP) ve glukagon benzeri peptit-1 (GLP-1) analizi yapılmıştır. Çalışma sonucunda; kan şekeri konsantrasyonları test ekmekleri arasında anlamlı bir farklılık göstermemiştir. Fakat ekşi mayalı ekmek alımının kan şekeri üzerindeki etkisi yanıtları diğer parametrelerle paralel olarak tutarlı bulunmuştur. Ekşi mayalı ekmekte genel glikoz yanıtının beyaz ekmekten önemli ölçüde daha düşük olduğu gözlenmiştir. Ek olarak, glikoz ve GLP-1 yanıtları bakımından ekşi mayalı ekmek tüketimi kepekli ve kepekli arpa ekmeklerine göre genel olarak daha düşük sonuçlanmıştır. Beyaz ekmeğin yenmesi ultra ince öğütülmüş kepekli ekmeklere göre yemek sonrası glisemik veya insülinemik yanıtların daha büyük olmasına neden olmamıştır.

Hätönen vd. [90] tarafından yapılan bir çalışma on iki sigara içmeyen gönüllü [11 kadın ve 1 erkek] üzerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma deneklerine çavdar ekmeği, yulaf ezmesi lapası ve patates püresi ürünlerinden birisi servis edilmiştir. Daha

sonra her ikisi de referans gıdalar olan glikoz çözeltisi ve beyaz ekmek haftada 3 kez aralıklarla rastgele düzende sunulmuştur. Ardından deneklerin postprandial glikoz tepkileri ölçülmüş ve en sonunda Gİ değerlerinin büyükten küçüğe sıralaması patates püresi 80, çavdar ekmeği 77, yulaf ezmesi lapası 74 olarak bulunmuştur.

Thannoun [91] tarafından yapılan çalışmada yirmi bir normal erkek denek bu çalışma için gönüllü olarak seçilmiş, kan şekeri yanıtı ve glisemik indeks; tam buğday ekmeği için; beyaz unlu ekmek "Tanur ekmeği"; ve bulgur, tohum türleri (habbiyah), yöresel makarna (reshta) ve spagetti gibi buğday ürünleri arasında incelenmiştir. Glukoz kullanan normal bireylerde standart çalışılmıştır. Bireyler 7 gruba bölünmüş, 12 saatlik gece açlığından sonra sıfır glikoz noktasına sahip bireylere glikoz ya da test yemeği vermeden önce 50 g karbonhidrat verilmiştir. Glisemik yanıt, Eğri Altındaki Artımlı Alan (IAUC) ve Gİ belirlenmiş ve hesaplanmıştır. Sonuçlar ölçülen ekmekler arasında önemli bir fark olmadığını göstermiştir. Üç çeşit ekmek arasında Gİ düzeyleri kepekli ekmek, beyaz unlu ekmek ve beyaz un Tannur ekmeği için sırasıyla 61, 69 ve 64 bulunmuştur. Gİ düzeylerinde anlamlı fark glikoz çözeltisi ve ekmekler arasında mevcut olduğu görüşü çalışma sonucunda öne çıkmıştır.

Marques vd. [92] tarafından yapılan çalışmada kavuzlu buğday ve buğday ekmeği ‘nin glisemik indeksi insanlarda karşılaştırılmıştır. Sonuçlar kavuzlu beyaz ekmeğin glisemik profilinin buğday beyaz ekmeğinden farklı olmadığını göstermiştir (Gİ 93 ± 9).

4.3 Fermente Edilebilir –Oligo, -Di, -Mono Sakkaritleri ve –Poliolleri (FODMAP) Azaltmaya Yönelik Yapılan Çalışmalar

Dünya çapında önemli bir halk sağlığı sorunu olan fonksiyonel gastrointestinal hastalıklar, tüm gastrointestinal sistemi etkileyebilen, kronik, heterojen bir hastalık grubudur; ayrıca önemli ölçüde sosyal ve ekonomik yüke neden olmaktadır. Huzursuz edici bağırsak sendromu (IBS), fonksiyonel gastrointestinal hastalıklar içinde en sık karşılaşılan hastalık olmakla birlikte, gastroenteroloji kliniğine sevk edilen hastalar içinde de en sık karşılaşılan gastrointestinal patolojidir [93].

Son dönemde beslenme tedavisinde fermente oligosakkaritler, disakkaritler, monosakkaritler ve poliollerin diyette azaltılması prensibine dayanan FODMAP

diyetinin IBS semptomlarının iyileşmesinde olumlu etkilerinin olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur [94].

Düşük FODMAP içerikli diyet, fermente oligosakkaritler, disakkaritler, monosakkaritler ve poliollerin diyette azaltılması prensibine dayanmaktadır. FODMAP (Fermente olan Oligo-DiMonosakkaritler ve Polioller) ifadesi bütün kısa zincirli karbonhidratları içermektedir. Bu maddelerin zayıf düzeyde emilime uğrayıp bağırsakta hızla fermente olduğu bilindiğinden semptomları artırdığı düşünülmektedir [95].

Hem yetişkin hem de çocuk IBS'li hastaların semptomlarını hafifleten düşük FODMAP diyeti üç aşamadan oluşur;

1-İlk olarak, FODMAP açısından zengin besinler diyetten çıkarılır.

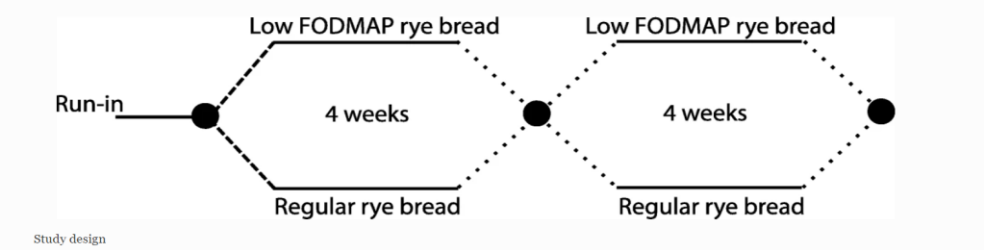
2-Daha sonra hangi FODMAPS ve yiyeceklerin semptomları tetiklediğini belirlemek için ayrı ayrı yeniden tanıtılır.

3-Üçüncü aşamada diyet, semptomlara neden olan gıdalardan kaçınırken tolere edilen gıdaları ve FODMAP'ı yeniden tanıtarak kişiselleştirilir [96].

Bu bilgiler eşliğinde IBS hastalarının tedavi diyetinin temelini, yavaş absorbe edilen karbonhidratların diyetten çıkartılması oluşturmaktadır [97].

Bu kısımda ekmek proses ve formülasyonu ile igili FODMAP azaltmaya yönelik çalışmalar ele alınmıştır.

Laatikainen vd. [98] tarafından randomize klinik araştırma metoduyla ilerlenen bir çalışmada düşük FODMAP çavdar ekmeğine karşı normal çavdar ekmeğinin huzursuz edici bağırsak sendromlu hastaların bağırsak mikrobiyotası üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çalışma, randomize çift kör kontrollü çaprazlama çalışması olarak; rastgele, çift kör, 2×2 çapraz geçişli bir deneme olarak gerçekleştirilmiştir. Katılımcıların alışılmış diyetlerine bağlı kaldığı 1 haftalık bir çalışma dönemi ardından hastaların düşük FODMAP çavdar ekmeği veya normal çavdar ekmeği tükettiği 4 haftalık iki tedavi periyodu bu iki dönem arasında ≥ 4 haftalık bir arınma süresiyle beraber gerçekleştirilmiştir. İlgili tasarım Şekil 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.4 Laatikainen vd.' nın çalışmasına ait tedavi yapılandırmaları [98]

Kontrol ekmeği geleneksel çavdar ekşi hamuru kullanılarak hazırlanırken, düşük FODMAP çavdar ekmeği, belirgin bir şekilde azaltılmış FODMAP ile bir çavdar ekmeği ile sonuçlanan özel bir ekşi hamur sistemi kullanılarak hazırlanmıştır.

Sonuç olarak, çift kör desenli çalışma, yüksek lifli düşük FODMAP çavdar ekmeğinin tüketiminin sağlıklı mikrobiyotayı destekleme potansiyeli olduğunu göstermiştir. Bu tür düşük FODMAP çavdar ekmeği, IBS hastalarında uzun vadeli genel bağırsak sağlığını iyileştirmenin pratik bir yolu olabileceği gözlenmiştir.

Pirkola vd. [99] tarafından gerçekleştirilen randomize çift kör kontrollü çapraz çalışma, düşük FODMAP çavdar ekmeği veya normal çavdar ekmeği tükettikten sonra soluk hidrojen seviyelerinin miktarını değerlendirmiştir. Düşük FODMAP çavdar ekmeği, kolonik fermentasyon yoluyla hidrojen oluşumunu azaltmıştır. Bu çalışma, yemek sonrası etkilerinde ekmek türleri arasında önemli farklılıklar olabileceğini göstermiştir. FODMAP'lerin düşük çavdar ekmeğinin normal çavdar ekmeğinden daha az hidrojen atılımına, daha düşük intralüminal basıncına, daha yüksek kolonik pH'a, farklı geçiş sürelerine ve daha az IBS semptomuna neden olup olmayacağını değerlendirmek amaçlanmıştır. Kadın IBS hastaları (n = 7) çalışma ekmeklerini bir gün boyunca art arda üç öğünde tüketmiştir. Ayrıca diyet, çalışma günü boyunca tüketilen ekmeğin FODMAP içeriği haricinde her iki çalışma dönemi için benzer tasarlanmıştır.

Sonuç olarak, diyet çalışması, düşük FODMAP çavdar ekmeği tüketiminin, normal çavdar ekmeğine kıyasla IBS hastalarında kolon fermentasyonunun ve maksimum gaz değerlerinin azalmasına neden olduğunu göstermiştir. Diğer semptomlarda; pH'da, kolon basıncında veya bağırsak kasılmalarında hiçbir farklılık bulunamamıştır. Artmış intrakolonik basınç ve semptom şiddeti arasında gözlenen korelasyon, IBS'de viseral duyarlılığın merkezi rolünün altını çizmiştir. IBS'de

intrakolonik basınç oluşumunun rolünü anlamak için daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu rapor edilmiştir.

Fraberger vd. [100] tarafından yapılan bir çalışmada maya fermentasyonunun fruktanları ve diğer FODMAP'leri azaltmak için uygulanabilirliği incelenmiştir.

On üç (13) farklı maya suşunun fermentasyon profili üç gün boyunca incelenmiştir. Dört farklı zaman periyodundan sonra (6 saat, 24 saat, 48 saat ve 72 saat) numuneler alınmış ve karbonhidrat profilindeki yani glikoz, sukroz, fruktoz, rafinoz, maltozun bozulması veya üretimindeki değişiklikleri değerlendirmek için analiz edilmiştir. Avusturya' nın geleneksel ekşi hamurundan izole edilen *Saccharomyces cerevisiae*, toplam fruktan içeriğinde en yüksek bozunma derecesini ve en yüksek gaz oluşturma kapasitesini göstermiş ve bunu *Torulaspora delbrueckii* izlemiştir. Bu nedenle, bu çalışma, maya suşlarının FODMAP dönüşümü hakkında yeni bilgiler sağladığı çalışma neticeleri arasında yer almıştır.

Laatikainen vd. [101] tarafından yapılan bir çalışmada; FODMAP içerikleri bakımından ekşi hamurlu buğday ekmeği ile mayalı fermente buğday ekmeği karşılaştırılmıştır. 1 haftalık bir çalışma periyodu içeren ve ardından hastalara ekşi hamurlu buğday ekmeği veya mayayla fermente edilmiş buğday ekmeği verilen 1 haftalık bir tedavi periyodu ile randomize, çift kör, paralel gruplu bir uygulama yapılmıştır. Bireylere, çalışmanın ayrıntıları araştırma diyetisyeni tarafından açıklanmıştır. Katılımcılara 2 haftalık çalışma süresi boyunca diğer gluten içeren tahıllara atfedilebilecek herhangi bir potansiyel karışıklığı ortadan kaldırmak için glutensiz bir diyet önerilmiştir. Katılımcılardan alıştırma ve tedavi süresince 3 günlük yemek kayıtlarını tutmaları istenmiştir. Randomizasyon, gizli olmayan bir tahsis ile dörtlü bloklar halinde gerçekleştirilmiştir. İstatistik uzmanı bilgisayar destekli randomizasyon listesini oluşturmuştur. Randomizasyon hem katılımcılar hem de araştırmacılar için körleştirilmiştir. Toplamda, IBS'li 26 denek çalışmaya alınmış ve hiçbiri süresi boyunca geri çekilmemiştir. İrritabl bağırsak sendromu / buğdaya karşı zayıf toleransı olan deneklerde, ekşi mayalı buğday ekmeği ve mayayla fermente edilmiş buğday ekmeği karşılaştırıldığında, gastrointestinal tolerabilitede veya düşük dereceli inflamasyonda önemli bir farklılık ortaya koymamıştır.

Struyf vd. [102] tarafından *Saccharomyces cerevisiae* ve *Kluyveromyces marxianus* kültürlerinin ekmeğe ilave edilerek, tam buğday ekmeğinin FODMAP seviyelerini düşürüp düşürmediği incelenmiştir. Çalışmada, maya temelli bir strateji ekmekte (tam buğday) FODMAP seviyelerini düşürmek için geliştirilmiştir. Çalışma sonucunda *K. marxianus* ve *S. cerevisiae*'nin kültürü ile hazırlanan ekmek kontrol ekmeği ile karşılaştırıldığında fruktan seviyeleri bakımından iyi sonuçlar göstermiştir. Bu nedenle, bu yaklaşım ekmekte FODMAP seviyelerini etkili bir şekilde azaltmak için uygun olabileceği rapor edilmiştir.

Laatikainen vd. [103] tarafından yapılan bir çalışmada IBS'li hastalarda düşük FODMAP çavdar ekmeğinin normal çavdar ekmeğinden daha iyi tolere edilip edilmediğini değerlendirmek amacıyla; randomize çift kör kontrollü çapraz geçişli bir araştırma gerçekleştirilmiştir. Deneklere 3 hafta boyunca hem normal çavdar ekmeği hem de düşük FODMAP çavdar ekmeği verilmiştir. Çalışmanın bulguları arasında diyet lifi alımı, başlangıç değerine kıyasla her iki çalışma döneminde artış göstermiştir. IBS'nin birçok belirtisi, yani şişkinlik, karın ağrısı, kramplar ve mide gurultusu, düşük FODMAP çavdar ekmeğinde daha hafif olduğu saptanmıştır.

Sonuç olarak; düşük FODMAP içeriğine sahip çavdar ekmeğinin, IBS hastalarının semptomlarını kontrol etmelerine yardımcı olduğu ve gastrointestinal gaz birikimini azalttığı çalışmada karşılaşılan sonuçlar arasındadır. Ayrıca, düşük FODMAP çavdar ekmeğinin diyete dahil edilmesinin, IBS hastalarının lif alımını artırabilmesinin bir yolu olabileceği çalışmanın gözlemleri arasında yer almıştır.

A. Costabile vd. [104] tarafından yapılan bir çalışmada; Huzursuz edici Bağırsak Sendromunda ekmek yapım sürecinin in vitro bağırsak mikrobiyota parametrelerine etkisi araştırılmıştır. 3 çeşit ekmek; Tip A geleneksel fermenteli mayalı hamur; Tip B geleneksel mayalı 16 saat fermenteli hamur; Tip C % 30 ekşi hamur, 4 saatlik tazeleme aşaması ile 5 saatlik fermente edilerek kullanılmıştır. Tip A, Chorleywood Ekmek Yapma İşlemine (CBP) göre hazırlanmıştır. B ve C Tipleri, daha fazla tohum ve kepek tabakası içeren unlarda daha fazla miktarda bulunan endojen un bileşenlerinin (mayalar, LAB, enzimler, mikro ve makro besinler) metabolizmasını içermiştir. IBS hastalarından ve sağlıklı kontrol deneklerinden dışkı donörleri ile in vitro toplu kültür deneyleri kullanılarak, farklı sürelerde fermente edilmiş ekmeklerin insan bağırsak mikrobiyotası üzerindeki etkisi

araştırılmıştır. Çalışma sonucuna göre ekşi maya ürünlerinin IBS'den muzdarip hastalar için avantajlı olabileceği düşünülmektedir. Bu çalışma, insan bağırsak mikrobiyotasının bileşimi ve metabolik profili üzerinde olumlu bir etki ile geleneksel uzun fermentasyon ve ekşi hamurla fermente edilmiş ekmeklerin kullanımını destekleyen bulgular sunmuştur.

4.4 Antibesinsel Faktörleri Azaltmaya Yönelik Yapılmış Çalışmalar

Antibesinsel faktörler bitkilerin, yaşam sisteminde meydana getirdikleri metabolik ürünler vasıtasıyla ya da kendi kendilerine yiyecekten yararlanmayı engelleyen maddeler olarak ifade edilebilirler. Antibesin maddeleri, gıdalarda kimyasal olarak bulunup vücuttaki etkileri; türüne ve içinde bulunduğu konsantrasyona bağlıdır [105].

Fitat, fosforu ana saklama şeklidir ve özellikle tahıllarda ve baklagillerde bol miktarda bulunur [106]. Tam buğday ununda yapılan ekmek, demir ve çinko gibi önemli bir mineral kaynağıdır, ancak fitik asit içeriği, bunların emiliminin azalmasına neden olan bir faktördür. Fitik asit iyonları ile çözünmeyen tuz oluşturma kabiliyeti nedeniyle kalsiyum, magnezyum, çinko ve demir gibi elementlerin kullanımını azaltır [107]. Oksalat, birçok mahsul bitkisinde ve otlak otlarında üretilir ve biriktirilir [108]. Siyanürler, dekarboksilatlı amino asitlerden oluşan bir O-glikozitler grubudur [109]. Tanenler polihidrik fenollerdir [110].

Olatunde vd. [111] tarafından yapılan bir çalışmada velvet fasulyesi ve acassavanın glutensiz ekmek üzerindeki antibesinsel etkileri araştırılmıştır. Katkı maddeli ekmekler hazırlanmış ve hidrojen siyanür, fitik asit, tanen içeriği L-Dopamin analiz edilmiştir. Olatunde vd.'nın çalışmasına ait ekmek formülasyonları Tablo 4.4'te ve çalışmaya ait karışımların antibesinsel faktörleri Tablo 4.5'te verilmiştir.

Tablo 4.4 Olatunde vd.' nın çalışmasına ait ekmek formülasyonları

Örnek	**Pro-vitamin A cassava unu (%)**	**Velvet fasulyesi unu (%)**
A	100%	
B	90%	10%
C	80%	20%
D	70%	30%
E	60%	40%

Tablo 4.4 Olatunde vd.' nın çalışmasına ait ekmek formülasyonları (devamı)

F	50%	50%
G		100%

Tablo 4.5 Olatunde vd.' nın çalışmasına ait karışımların antibesinsel faktörleri

Sample	HCN (ppm)	Tanen (mg/100 g)	Fitat (mg/100 g)	Dopamin (ng/mL)
A	0.68±0.01^{cd}	2.44±0.01^{d}	0.48±0.00^{e}	0.00±0.00
B	0.70±0.01^{c}	2.46±0.10^{d}	1.37±0.00^{d}	0.06±0.01^{e}
C	0.70±0.01^{c}	2.49±0.03^{cd}	1.40±0.00^{bc}	0.43±0.01^{d}
D	0.81±0.00^{b}	2.59±0.01^{c}	1.41±0.00^{a}	0.46±0.03^{d}
E	0.82±0.04^{b}	2.72±0.01^{b}	1.40±0.00^{bc}	0.65±0.06^{c}
F	0.88±0.03^{a}	3.55±0.03^{a}	1.41±0.00^{a}	3.09±0.06^{b}
G	0.64±0.00^{d}	2.22±0.03^{e}	1.41±0.00^{a}	4.11±0.00^{a}

[1]Aynı üst simgeye sahip aynı sütundaki ortalamalar önemli ölçüde farklı değildir (p> 0,05).

Sonuç olarak; mevcut raporda tanımlanan antibesinsel faktörlerin varlığı kabul edilebilir sınırlar içinde olduklarından insanlar için bir sorun teşkil etmediği saptanmıştır.

Demir vd. [112] tarafından yapılan bir çalışmada; kinoa unu ilavesinin etkisi ekmeklerin besin ve kimyasal özellikleri üzerinde araştırılmıştır. Dört farklı buğday numunesi ve beş farklı kinoa unu oranı (% 0, 5, 10, 15 ve 20) deneylerde iki tekrarlı faktörler olarak kullanılmıştır. Deney (4 × 5) × 2 faktöriyel randomize tasarımına göre planlanmıştır. Tablo 4.6'da üretilen ekmeklerin fitik asit içeriği sunulmuştur.

Tablo 4.6 B. Demir vd.' nın çalışmasına ait ekmek malzemelerinin fitik asit içeriği

Ürünler	Fitik Asit (mg/100g)
Bezostaja-1	115,92^{a}
Karahan-99	91,56^{c}
Konya-2002	106,01^{b}
Tosunbey	72,03^{d}
Kinoa unu (%)	
0	79,24^{e}
5	87,84^{d}
10	95,82^{c}
15	105,15^{b}
20	113,85^{a}
Maksimum artış (20%) Kinoa unu değişimi (%)	43,60

[1]Aynı üst simgeye sahip aynı sütundaki ortalamalar önemli ölçüde farklı değildir (p> 0,05).

Sonuçlara göre fitik asit, TPC ve kinoa ununun mineral içeriği buğdaydan daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ekmeğin besleyici özellikleri dikkate alındığında; mineral, fitik asit ve TPC içeriği bakımından en iyi kombinasyon buğday çeşidi olan Tosunbey ve % 20 kinoa olarak bulunmuştur.

Abdurrahman vd. [113] tarafından yapılan bir çalışmada bambara yerfıstığı tohumu unu ile zenginleştirilmiş Kissra ekmeği besin değeri, protein kalitesi ve antioksidan aktivitesi araştırılmıştır. İkame edilen ekmeğin antibesinsel özellikleri Tablo 4.7'de verilmiştir.

Tablo 4.7 Abdurrahman vd.' nın çalışmasına ait bambara yerfıstığı tohumu ile zenginleştirilmiş ekmeklerin antibesinsel içerikleri

		Kissra ikameli			
Parametreler	**BGF**	**Kontrol**	**%10 BGF**	**%20 BGF**	**%30 BGF**
Tanenler (mg g^{-1} extract)	0,039 ± 0,01	0,29 ± 0,03a	0,18 ± 0,04b	0,11 ± 0,02c	0,07 ± 0,02d
Fitik asit(mg g^{-1} extract)	0,47 ± 0,04	2,21 ± 0,05a	1,67 ± 0,05b	1,13 ± 0,05c	0,87 ± 0,04d

[1]BGF: Bambara yerfıstığı tohumu unu

[2]Aynı üst simgeye sahip aynı sütundaki ortalamalar önemli ölçüde farklı değildir ($p > 0,05$).

Sonuç olarak; güçlendirilmiş kissra'nın antibesinsel içeriğinin, control ekmeğinden önemli ölçüde ($P < 0.05$) daha düşük olduğu gözlenmiştir.

Chamba, Masamba, ve Luo tarafından [114] yapılan çalışmada; fermentasyonun darı, sorgum, kabak ve amarant tohumu unlarından elde edilen tamamlayıcı gıdaların fizikokimyasal ve antibesinsel faktörlerine etkisi araştırılmıştır. Sonuçlar, fermentasyonun fizikokimyasal, fonksiyonel özellikleri, protein ve nişasta sindirilebilirliğini büyük ölçüde artırdığını ve tek başına kabak çekirdeği ve ayrıca amarant ile harmanlanmış sorgum ve parmak darıdan elde edilen tamamlayıcı gıdaların antibesinsel faktörlerini (fitik asit, polifenol ve taninler) azalttığını göstermiştir.

Moktan ve Ojha [115] tarafından yapılan bir çalışmada; çimlendirilmiş horse gram unu (*Dolichus uniflorus*) ile takviye edilmiş ekmeğin fiziksel özellikleri, beslenme karşıtı faktörleri ve antioksidan aktivitesinin kalite değerlendirmesi yapılmıştır.

Çalışma sonucunda horse gram ununun çimlenmesi; protein, lif, toplam polifenol içeriği ve horse gram ununun antioksidan aktivitesinde bir artışa neden olurken, tanin, fitat ve oksalat gibi antbesinsel faktörlerde % 6 oranında azalma meydana getirmiştir.

Mosaddegh Mehrjardi vd. [116] tarafından yapılan bir çalışmada tüketilen farklı ekmek ve hamur türlerinde fitik asit içeriğinin belirlenmesi için ölçüm gerçekleştirilmiştir. 2013 yılında 50 adet ekmek ve 50 adet hamur olmak üzere 100 numune üzerinde kesitsel çalışma yapılmıştır. Kesitsel çalışmada ikame edilen farklı un tiplerinin ürünün antibesinsel faktörlerine etkisi ele alınmıştır. Hamur türlerinde fermentasyon süresi ile fitik asit konsantrasyonu arasındaki bağıntı Tablo 4.8'de sunulmuştur.

Tablo 4.8 M. Mosaddegh Mehrjardi vd.' nın çalışmasına ait farklı hamur türlerinde fermentasyon süresi ile fitik asit konsantrasyonu arasındaki ilişki

Hamur Tipi	**Fermentasyon Süresi (dakika)**	**Ortalama Konsantrasyon (mg/100 g)**	**P değeri**
Tafton	60	11,2±1,1	0,03
	120	9,8±1,2	
Baguette	60	10,0±1,2	0,5
	120	9,5±1	
Barbari	60	10,0±0,0	0,005
	120	8,6±0,5	

Çalışma mayalanma süresinin hamur hazırlama aşamasında fitik asit miktarı ile ters orantılı olduğunu göstermiştir.

Yasmin vd. [117] tarafından yapılan çalışmada farklı işleme yöntemlerinin (suda ıslatma veya sodyum bikarbonat, sitrik asit çözeltileri, ıslatma artı pişirme ve çimlendirme) kırmızı barbunyadaki antibesinsel faktörlerin (fitik asit, toplam polifenoller, tanenler ve hidrosiyanik asit) üzerindeki etkisi incelenmiştir. Tablo 4.9'da farklı proses türlerinin ürünün antibesinsel faktörlerine etkisi sunulmuştur.

Tablo 4.9 A. Yasmin vd.' nın çalışmasına ait farklı proseslerinin ürünün antibesinsel faktörlerine etkisi

	Siyanür (mg/g)	**Tanen (mg/g)**	**Toplam Fenol (mg/g)**	**Fitik Asit (mg/g)**
İşlenmemiş (Ham tohumlar)	0,20±0,004 A	6,1±0,029 A	21,6±0,144 A	6,1±0,115 AB

Tablo 4.9 A. Yasmin vd.' nın çalışmasına ait farklı proseslerinin ürünün antibesinsel faktörlerine etkisi (devamı)

Su ile ıslatma	0,19±0,003 AB (7,7)	6,3±0,144 A (−3,3)	18,8±0,635 B (12,8)	6,1±0,029 AB (0,8)
Sitrik asit ile ıslatma	0,18±0,004 B (8,7)	2,3±.0,29 B (62,8)	11,8±0,231 C (45,2)	6,0±0,029 BC (2,5)
Sodyum bikarbonat ile ıslatma	0,17±0,003 BC (13,9)	2,0±0,029 C (67,8)	10,6±0,173 CD (50,8)	5,9±0,029 BC (4,1)
Su ile ıslatma + Pişirme	0,17±0,002B C (15,3)	1,1±0,115D (81,8)	8,4±0,173EF (61,0)	6,3±0,058A (-3,3)
Sitrik asit ile ıslatma + Pişirme	0,17±0,006 CD (18,3)	0,4±0,017 E (92,7)	7,1±0,144 F (67,3)	5,8±0,029 C (5,7)
Sodyum bikarbonat ile ıslatma + Pişirme	0,15±0,010 D (25,0)	0,6±0,023 E (90,2)	4,6±0,462 G (78,8)	6,3±0,029 A (−2,5)
Çimlendirme (96 h)	0,16±0,005 CD (20,8)	1,9±0,000 C (68,6)	9,8±0,635 DE (54,5)	3,5±0,058 D (42,6)

[1]Aynı üst simgeye sahip aynı sütundaki ortalamalar önemli ölçüde farklı değildir (p> 0,05).

Sonuç olarak farklı proses teknikleri ile kırmızı barbunya üzerinde çalışılan bu deneyde; antibesinsel faktörler işleme teknikleriyle önemli ölçüde azaltmıştır (p <0,001). Siyanür içeriği en etkili şekilde (% 25) sodyum bikarbonat çözeltisine batırıldıktan sonra çimlendirme ardından pişirilerek azaltılmıştır, en şiddetli etki tanen içeriği üzerinde kaydedilmiştir; sitrik asit veya sodyum bikarbonat çözeltilerine batırıldıktan sonra pişirmek tanen içeriğini hemen hemen ortadan kaldırmıştır.

Anton vd. [118] yapılan bir çalışmada; ilave edilen fasulye ununun (*Phaseolus vulgaris L.*) buğday unu (tortillas) ekmeğinin bazı fiziksel ve besleyici özelliklerine etkisi araştırılmıştır. % 15, % 25 veya % 35 içeren kompozit unlar ve buğday küçük kırmızı, siyah, pinto veya lacivert fasulye unları ile buğday ekmeği(tortillas) haline getirilmiştir. Veriler, ekmeğe işlenen kompozit unlarla birlikte ölçülen fitik asit seviyelerinde tutarlı bir düşüş olduğunu göstermiştir. Antibesinsel bileşiklerin seviyeleri, tüm ikame seviyelerinde önemli ölçüde azalmıştır, bu da bileşiklerin tamamen inaktive edilmemiş olmasına rağmen, fasulye tortillalarının insan beslenmesi için hala güvenle kullanılabileceğini göstermiştir.

Mikotoksinleri ve Akrilamidi Azaltmaya Yönelik Yapılan Çalışmalar

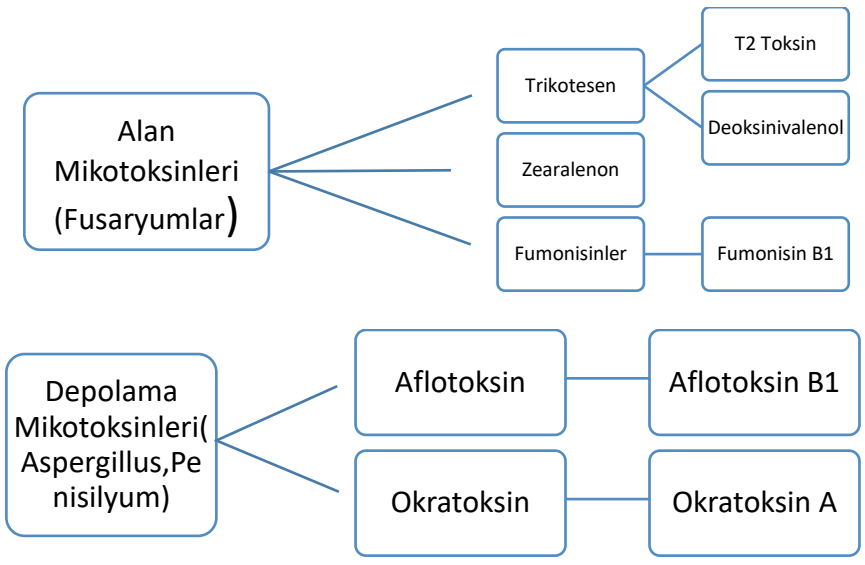
4.4.1 Mikotoksinler

Belirli çevresel koşullar altında, tahılları enfekte edebilen bazı küf türleri, mikotoksinler adı verilen toksik yan ürünler üretir [119].

Mikotoksinler zehirli bileşiklerdir; kontamine olmuş tahılda oluşan bazı küf türleri tarafından üretilirler. Küf enfeksiyonu ve mikotoksin üretimi tarlada, hasat, taşıma, depolama ve işlemede meydana gelebilir. Küf için kritik faktörler; hasat sonrası enfeksiyon ve ardından mikotoksin sentezidir. Mikotoksin oluşumu ayrıca ilk olarak hasat zamanında tahıl nem içeriği; kurutmadan önce ıslak tutmanın uzunluğu; tahıl miktarı ve yabancı materyaller; tahıl tozu miktarı; depolama yapılarının türü ve kalitesi; tane sıcaklığı, ara hava bağıl nemi, üst boşluk yoğunlaşması, toplu tahıl nem hareketi ve böcek istilasına bağlıdır [120].

Mikotoksinlerin gelişmesi için özellikle tahılların depolama sırasındaki durumu ana faktördür. Depolanmış tahılın güvenliği için özellikle nem ve sıcaklık gibi koşullar, hava koşullarının belirlenmesinde kritik faktörlerdir. Depolanan tahılda Küf gelişmesini ve mikotoksin biyosentezini destekleyen ana faktörler, yüksek tane nemi (% 16-30), sıcak tahıl sıcaklığı (25-32 C) ve yüksek hava bağıl nemidir (% 80-100) [121].

Tarla ve depolama mikotoksinleri Şekil 4.5'te gösterilmektedir.



Şekil 4.5 Tarla ve depo küflerine ait mikotoksin örnekleri [122]

Mikotoksin seviyeleri üzerindeki proses etkilerinin belirlenmesi, tüketici sağlığını belirlemek ve geliştirmek için çok önemlidir. Gıda işleme sırasında mikotoksinlerin durumunu etkileyen ana faktörler; gıda matrisi, pH, nem içeriği, işleme sıcaklığı, doğal veya ani kontaminasyon ve toksin konsantrasyonudur [122].

Zhang ve Wang [123] taraından yapılan bir çalışmada, karıştırılmış ve fermente edilmiş hamurlar buharda pişirilmiş ekmek işlemine dahil edildiğinde ölçülen deoksinivalenol (DON) seviyesinin yaklaşık iki katına çıktığı rapor edilmiştir.

Zhang ve Wang [124] tarafından yapılan bir çalışmada, pişmiş ekmeğin DON seviyelerinin undan önemli ölçüde daha yüksek olduğunu ve oransal olarak 1,63 ile 1,95 kat arttığını bulunmuştur.

Giméne vd. [125] tarafından yapılan başka bir çalışmada ekmek yapımı süreci, % 15 buğday tohumu ilavesiyle DON bakımından başlangıç seviyelerine kıyasla düşük fakat önemsiz azalma oranlarına ($p > 0,05$) neden olmuştur.

Bergamini vd. [126] tarafından yapılan bir çalışmada: buğday ununa kıyasla ekmeğin DON seviyelerinde önemli bir düşüş bildirilmiştir.

Tibola vd. [127] tarafından yapılan çalışmada, ekmek yapım sürecinin buğday mikotoksin içeriği üzerindeki etkilerini değerlendirmeye odaklanılmıştır. Tam buğday ve beyaz unla uygulanan ekmek yapma işlemi DON içeriğini azaltmıştır.

Lancova vd. [128] tarafından yapılan bir çalışmada; fermentasyon sırasında, orijinal içeriğin yaklaşık % 38-46'sı DON'da önemli bir azalma meydana getirmiştir.

Samar vd. [129] tarafından yapılan başka bir çalışmada; hamur 50 ° C'de fermente edildiğinde, maksimum azalma Viyana ekmeği için % 56 iken Fransız ekmeği için % 41 olarak kaydedilmiştir.

Milani ve Heidari [130] tarafından yapılan başka bir çalışmada: ekmek yapma sürecinin okratoksin stabilitesi (OTA) incelenmiştir. Ekmek, pilot tesis ölçümü ile OTA ikame edilmiş buğday unu ile hazırlanmıştır. Bu işlem sırasında, mikotoksin seviyesi; ilk fermentasyondan sonra 30 ° C'de min 90 dakika, son fermentasyonda 30 ° C'de min 10 dakika ekşi hamur ve üç tip maya (aktif kuru maya, anında kuru maya ve sıkıştırılmış maya) ve 20 dakika 200 °C'de son pişirme ile belirlenmiştir. Çalışma sonucunda; mayanın, her üç aşamada da mikotoksin düşüşü üzerinde en fazla etkiye sahip olduğu gözlenmiştir.

Vidal vd. [131] tarafından yapılan bir çalışmada ekmek yapım sürecinde deoksinivalenol (DON) ve okratoksinin (OTA) durumu, ekşi hamur kullanımının etkileri ve kepek içeriği araştırılmıştır. Sonuç olarak, OTA'nın ekmek yapma işlemi sırasında oldukça istikrarlı olduğu doğrulanmıştır; DON konsantrasyonu, ekşi hamur kullanımına ve un kontaminasyon seviyesine bağlı olarak yoğurma ve fermentasyon adımlarından önemli ölçüde etkilenmiştir.

4.4.2 Akrilamid

En çok araştırılan ısıl işlem kontaminasyonu, olası bir kanserojen olarak sınıflandırılan akrilamiddir [132]. Akrilamid karbonhidrat içeriği zengin besinlerin 120 °C' nin üzerindeki sıcaklıkta işlem görmesi sonucu oluşan bir moleküldür. Nisan 2002 yılında Stockholm Üniversitesindeki bir grup araştırmacı tarafından yüksek ısıl işlem gören besinlerde oluşan akrilamidin toksik ve olası kansere neden olan bir kimyasal olduğu bildirilmiştir [133].

Günlük tüketilen ısıl işlem görmüş birçok gıdada (cips, kahve vb) bulunan yüksek akrilamid içeriği nedeniyle, uluslararası gıda güvenliği yetkilileri, gıda üreticilerini akrilamidi makul olarak elde edilebilecek en düşük değere indirgemek için çaba harcamalarını tavsiye etmiştir [134].

Ma vd. [136] tarafından yapılan bir çalışmada asma çayından elde edilen sıcak su ekstraktının polifenol bileşimi, yüksek çözünürlüklü kütle spektrometresi ile birleştirilmiş ultra yüksek performanslı sıvı kromatografisi (UHPLC-ESI-HRMS/MS) ile karakterize edilmiş ve ekmeğin akrilamid oluşumu, kalitesi ve tüketici kabul edilebilirliği üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda asma çayı ekstresi eklenen ekmek örneklerinin akrilamid içerikleri önemli ölçüde azalmıştır ($p < 0,05$). 1,25 g / kg ve 2,5 g / kg asma çayı ekstraktı gruplarının akrilamid içerikleri, kontrol grubuna göre sırasıyla % 58,23 ve % 33,32 azalmıştır.

Ciesarová vd. [136] tarafından yapılan başka bir çalışmada temel amaç, buğday-yulaf ekmeği formülünde kepekli yulaf ununun kısmen ekşi yulaf hamuruyla ikame edilmesinin; temel ekmek bileşenleri, akrilamid seviyesi, organoleptik özellikler ve yemek sonrası potansiyel sağlık yararlarını değerlendirmek olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak yulaf unundaki asparagin seviyesinin yükselmesi sonucu gözlenen yüksek akrilamid seviyesi, hem laktik fermentasyon hem de ekmek yüzeyine enzim solüsyonu uygulaması ile azalmıştır.

Mulla vd. [137] tarafından yapılan bir çalışmada; zedelenmiş nişasta ilavesinin tam buğday unu bazlı geleneksel hindistan ürünlerinde (chapattis and pooris) akrilamid oluşumu üzerine etkisi araştırılmıştır. Çalışma sonucunda; zedelenmiş nişasta içeriği, Chapattis'te olduğu kadar Pooris'te de akrilamid oluşumu ile güçlü bir pozitif korelasyon göstermiştir.

Zhang [138] tarafından yapılan bir çalışmada; bambu yapraklarının (AOB) ve yeşil çay özünün (EGT) ilavesiyle; kızarmış ekmek çubuklarında akrilamidin azaltılması üzerine çalışılmıştır. Bu çalışmada, deneysel sonuçlar, AOB veya EGT eklenmesinin, kızarmış ekmek çubuklarındaki akrilamid miktarlarını etkili bir şekilde azaltabileceğini göstermiştir.

Beyaz ekmeğin buharda pişirme ve düşük sıcaklıkta pişirme sırasında kabuk sıcaklığı ve su içeriğinin akrilamid oluşumuna etkisi L. Ahrné vd. [139] tarafından araştırılmıştır. Çalışma sonucunda buharda ve düşük sıcaklıkta pişirme, kabul edilebilir bir kabuk rengine sahip ekmek üretebilen ve akrilamid içeriğini önemli ölçüde azaltabilen geleneksel pişirmenin basit modifikasyonları olarak gözlenmiştir. En düşük akrilamid değerleri ve kabul edilebilir bir kabuk rengi, buharlı pişirme ile üretilmiştir.

Fink vd. [140] asparagin ve glisinin ikame edilen maya-fermenteli ekmeğin akrilamid içeriğine etkisi araştırılmıştır. Asparagin eklenmesi, ekmeklerin akrilamid içeriğini güçlü bir şekilde arttırmış ve eklenen glisin içeriğini azaltmıştır. Eklenen asparagin miktarı ne kadar yüksekse, eklenen glisinin ekmeğin akrilamid içeriği üzerindeki azaltıcı etkisi o kadar yüksek olmuştur ($p< 0,001$). Akrilamid içeriğindeki bu azalma, hem Maillard reaksiyonundaki indirgeyici şekerler için amino asitler arasındaki bir rekabetle hem de daha önce önerildiği gibi eklenen glisin ile oluşan akrilamidin daha fazla reaksiyonuyla açıklanmıştır.

Mustafa vd. [141] tarafından yapılan bir çalışmada çavdar gevrek ekmeğinin akrilamid içeriğini ve rengini etkileyen faktörler araştırılmıştır. Pişirme süresi ve sıcaklık, uzun süre ve yüksek sıcaklık kombinasyonunda 10'dan 30 µg / kg'a kadar ekmeğin akrilamid içeriğini iki faktör arasında önemli bir oranla etkilemiştir. Yüksek karışık bağlantı içeren β-glukan içeren yulaf kepeği konsantresi, ekmeklerdeki akrilamid içeriğini etkilememiştir. Bu çalışmada maya fermenteli tam tahıllı çavdar gevrek ekmeklerdeki akrilamid içeriği, asparagin eklenmedikçe düşük

saptanmıştır. Bu tarifte kullanılan uzun fermentasyon süreleri, diğer birçok çavdar gevrek ekmeğine kıyasla düşük akrilamid değerlerinin bir nedeni olarak gözlemlenmiştir.

Celik ve Gökmen [142] tarafından yapılan bir çalışmada farklı tahıl türleri (tam ve rafine buğday, tam siyez, tam çavdar, tam yulaf ve tam mısır) ile hazırlanan ekmeklerin kabuğu, benzeri numunelerin içerisinde akrilamid analizinin mevcut bulunduğu Maillard reaksiyonları incelenmiştir. Çalışmada akrilamid konsantrasyon değişiklikleri farklı tam tahıl türleri ile hazırlanan fermente edilmiş ekmekler 200 °C'de pişirilerek gözlenmiştir. Analizler sonucunda en düşük akrilamid seviyesi 90 ile 169 µg / kg arasında değişen tam mısır ekmeği kabuğunda bulunurken, en yüksek akrilamid seviyesi 1565 ile 3887 µg / kg arasında değişen tam çavdar ekmeği kabuğunda bulunmuştur. Yapılan değerlendirmeler sonucunda fermente hamur numunelerinin serbest asparagin içeriği ile ekmek kabuğu benzeri numunelerde oluşan akrilamid miktarı arasındaki ilişkinin pozitif yönlü korelasyon gösterdiği bildirilmiştir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu derlemede ekmek formülasyonu ve prosesi sağlıkla ilgili olarak 5 başlık altında incelenmiştir. Araştırmada sonucunda ekmeğin proses ve formülasyonuna ait değişimler, sağlık üzerine etkileri incelenen çalışmaların sonuçlarına göre yorumlanmıştır.

Ekmeğe dair biyoaktivite niteliği, ikame edilen ürünün çeşidine, ikame edilme oranına ve proses türüne bağlı olduğu görülmüştür. Ekmeğin biyoaktivite değişimlemesi ‘’formülasyonu’’ açısından ele alındığında antioksidan ve antidiyabetik özelliklerin iyileştirilmesi, esas olarak doğal kaynakların fenolik içeriğine ve takviye miktarına bağlı olduğu incelemede öne çıkan sonuçlardan birisidir. Ekmekte analiz edilen toplam fenolik ve flavonoid içeriği, ekmeğe eklenen ürün çeşidi ve ürün miktarına bağlı olarak antioksidan aktivite ile pozitif bir korelasyon gösterir. Toplam fenolik ve flavonoid içeriği, siyah çay, kestane unu ikamesinde görüldüğü gibi antioksidan aktivite ile pozitif bir korelasyon göstermiştir. Bununla birlikte, antioksidan aktivite, brokoli filiz tozu kullanıldığında daha yüksek seviyelerde takviye ile artmamıştır.

Un % 4 ve % 5 oranında kinoa yaprakları ile takviye edildiğinde, antiradikal potansiyelin iyileştirilmesi ve lipid peroksidasyonunun inhibisyonu ile FRAP artışı gözlemlenmiştir. Bu tür doğrusal olmayan ilişki, kısmen gıda bileşenleri (özellikle fenolikler, protein ve nişasta) ile gastrointestinal sıvı arasındaki etkileşimlerle açıklanabilir. Kullanılan buğday ununun türü de antioksidan aktiviteyi etkileyen önemli bir faktördür. Araştırmalarda kırmızı ve beyaz sorgum unu ikameleri farklı fenolik asit profil içeriği göstermiştir. Bu, takviye bileşenlerinin yanı sıra çeşitli çevresel, fiziksel ve kimyasal faktörlerin, doğal antioksidan kaynakları ile zenginleştirilmiş ekmeklerin antioksidan kapasitesini etkilediğini göstermiştir.

Ekmek proses ve formülasyonu biyoaktivite perspektifinden incelendiğinde, ekmek yapımında kullanılan unun doğal antioksidan kaynakları ile desteklenmesini ve farklı fermentasyon denemeleri uygulanmasının fonksiyonel gıda pazarı için uygun bir ekmek üretebileceğini göstermektedir. Bununla birlikte doğal olarak

zenginleştirilmiş antioksidan açısından yüksek ekmeklerin üretimi ve pazarlanması konusunda daha fazla in vivo ve in vitro çalışmaya ihtiyaç vardır.

Ekmek üzerine glisemik indeks ile ilgili sağlık açısıdan yapılan çalışmalar incelendiğinde farklı katkı maddeleri farklı unlar, nişasta, diyet lifi, hidrokolloidler, enzimler ve emülgatörler gibi ürünlerin glisemik indeks hususunda unlu mamullerinin özelliklerini iyileştirmek için yaygın olarak kullanıldığını görülmüştür. Bu literatür incelenmesinde elde edilen sonuçlar, bu alanda daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulduğunu, besin kalitesini geliştirmek için ürünlerinin çeşitliliğini artırılması gerektiğini göstermiştir.

Ekmek ve FODMAP azaltma konusunda sağlık ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde IBS tedavisinde yaygın olarak eliminasyon diyetleri kullanıldığı gözlenmiştir. Bu diyetlerde kişiye özel olarak, kişinin duyarlılık gösterdiği besinlerin diyetten çıkartılmasının faydalı sonuçlar doğurabileceği düşünülmektedir. Düşük FODMAP içerikli diyetin IBS semptomlarının iyileşmesinde olumlu etkilerinin olduğunu gösteren birçok son dönem çalışmalar mevcut olması bu görüşü desteklemektedir.

Antibesinsel faktörlerin azaltılması için ekmeğin proses süre değişimlerinin antibesinsel ögelerin azaltılması için etkili olduğu görülmektedir. Dört saatlik fermentasyon süreci, buğday kepeğindeki tanen ve fitik asit içeriklerini azaltmıştır. Bu proses seçeneklerinin ekmek üretiminde değerlendirilmeye alınmasının önemini göstermektedir.

Mikotoksin ve akrilamid ile ilgili çalışmalar, çeşitli un tiplerinin kullanılması ve farklı proses tekniklerinin uygulanması ile beraber ekmek üzerinde sağlık açısından pozitif etki göstermişse de bu konuda daha fazla kanıta ihtiyaç duyulduğu düşünülmektedir.

Genel olarak ekmek ile ilgili sağlık açısından yapılan çalışmalar farklı gıda ikamelerinin ekmek hamuruna eklenmesi veya ekmek üretim aşamalarında basamak sürelerinin (özellikle fermentasyon) uzatılıp-kısaltılması işlemleri ile uygulanmakta ve denenmektedir. Genel olarak bu denemelerin ekmek üzerinde olumlu veya olumsuz etkilerinin daha iyi belirlenmesi için in vitro ve in vivo çalışmaların gelecekte daha iyi sonuçlar sunacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

[1] WHO, “Declaration of Alma-Ata. International Conference on Primary Health Care,” Alma-Ata, USSR, 1978.

[2] A. Baysal, “Diyet El Kitabı, Hatiboğlu Yayınevi,’’ Ankara 1999.

[3] G. Çetin ve F. Sarper, “Tıp Fakültesi Birinci ve Son Sınıfa Devam Eden Öğrencilerin Beslenme Bilgi ve Alışkanlıkları Üzerine Bir Araştırma,’’ 21. Yüzyılda Eğitim Ve Toplum Eğitim Bilimleri ve Sosyal Araştırmalar Dergisi, vol. 2, no. 6, pp. 84-104, 2014.

[4] E. Onurlubaş ve A.Z. Gürler, ‘Tüketicilerin Gıda Güvenliği Konusunda Bilinç Düzeylerinin Ölçülmesi: Tokat İli Örneği,’’ Gıda Tarım Hayvancılık Bakanlığı, Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, ISBN: 978-605-9175-02-9, Yayın No: 242, Ankara, 2015.

[5] A. Baysal, “Genel Beslenme,’’ Hatipoğlu Yayınevi, Ankara, 2007.

[6] İ. Çınar ve K. Dayısoylu, "Sağlık ve Beslenmede Sinbiyotikler", Gıda, vol. 30, no. 4, 2008/08/01, 2008.

[7] F. Özberk, A. Karagöz, İ. Özberk ve A. Atlı, "Buğday Genetik Kaynaklarından Yerel ve Kültür Çeşitlerine; Türkiye'de Buğday ve Ekmek," Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, vol. 25, no. 2, pp. 218-233, 2016/12/27, 2016.

[8] M. Karaoğlu ve H. Kotancılar, "Ekmek İçi Yumuşaklığı Üzerine Kısmi Pişirme Yöntemi ve Depolama Şartlarının Etkisi," Gıda, vol. 30, no. 2, 2005/04/01, 2005.

[9] W. V. Dokkum, W. Frølich, M. Saltmarsh ve J. Gee, “The health effects of bioactive plant components in food: results and opinions of the EU COST 926 action,” Nutrition Bulletin, vol. 33, no. 2, pp. 133–139, 2008/05/14, 2008,

[10] İ. S. Doğan ve Ö. Yıldız, ’’Van ilinde serbest tipte ekmek üreten fabrikaların genel durumu ve sorunları,’’ Unlu Mamuller Teknolojisi, vol. 6, no. 5-6, pp. 22–31, 1997.

[11] Resmi Gazete, ’’Türk Gıda Kodeksi Ekmek Ve Ekmek Çeşitleri Tebliğ’’, Tebliğ No: 28163, 2012/01/04, 2012.

[12] S. M. Özer, ’’Kepekli ekmeklerin bazı niteliklerinin incelenmesi ve kalitelerinin iyileştirilmesi olanakları’’, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çukurova Üniversitesi, Adana, 1998.

[13] A. Elgün, Z. Ertugay, M. Certel ve H. G. Kotancılar, ’’Tahıl ve Ürünlerinde Analitik Kalite Kontrolü ve Laboratuar Uygulama Kılavuzu’’, Atatürk Üniversitesi Yayınları, No: 867, Ziraat Fakültesi Yayın no: 335, Ders Kitapları Serisi No: 82, 245 s., Erzurum, 2002.

[14] T.S. 5000, ’’Ekmek’’ Standartları Enstitüsü, Ankara, 1987

[15] Beslenme Bilgi Sistemi. [Online]. Available: https://bebis.com.tr/versiyonlarimiz/resim-atlasi/ekmek (visited on 30/06/2021).

[16] R. Lazsisty, “The Chemistry of Cereal Proteins,’’ USA: CRC Pres, 1986, s. 203.

[17] T. Webb, P. W. Heaps ve J. B. M. Coppock, “Protein quality and quantity: A rheological assessment of their relative importance in breadmaking,’’ International Journal of Food Science & Technology, vol. 6, no. 1, pp. 47–62, 2007.

[18] S. Ünal, ‘’Importance of wheat quality and methods in wheat quality determination’’, Hububat Ürünleri Teknolojisi Kongre ve Sergisi, ss 25-37, 2002.

[19] W. Diepenbrock, F. Ellmer, J. Leon, ‘’Ackerbau pflanzebauund pflanzenzüchtung Stuttgart’’, Verlang Eugen Ulmer, 2005.

[20] Y. Coşkuner, “Çukurova Bölgesinde Yetiştirilen Bazı Buğday Çeşitlerinin Tek ve İki Katlı Düz Ekmek Üretimine Uygunluğu ile Ekşi Hamurun Kalite Üzerine Etkisinin Araştırılması,’’ Çukurova Üniversitesi, 2003.

[21] Ö. Kalkışım, M. Özdemir ve O. Bayram, “Ekmek yapım teknolojisi,’’ Sage Yayıncılık, Ankara, 2012, s. 93.

[22] Maya nedir?. [Online]. Available: http://www.pakmaya.com.tr/tr/maya-nedir (visited on 30/06/2021).

[23]V. Uylaşer ve E. Taşkın, ‘’Gıda Sanayinde Enzim Kullanımı’’, Dünya Gıda, pp. 78-84, 2004.

[24]F. Göğüş ve S. Fadıloğlu, “Food Chemistry,’’ Nobel Yayın Dağıtım, Enzymes, pp. 219-267, Ankara, 2006.

[25] İ. Nir ve N. Şenköylü, “Kanatlılar için sindirimi destekleyen yem katkı maddeleri: enzimler, antibiyotikler, probiyotikler, adsorbanlar, organik asitler,’’ Trakya Üniversitesi, Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yemler Ve Hayvan Besleme Anabilimdalı, Tekirdağ, 2000.

[26] Ekmek Üretim Teknolojisi. [Online]. Available: http://www. vankim/Files/Ekmek%20uretim%20tekno- Jisi(1).pdf (visited on 23/06/2021).

[27] M. Özer ve A. Altan, "Küçük Ekmek Yapımında Bazı Katkı Maddelerinin Kullanılmasının Ekmek Nitelikleri Üzerindeki Etkileri", Gıda, vol. 20, no. 6, 1995.

[28] Ö. Kalkışım, M. Özdemir ve O. Bayram, “Ekmek yapım teknolojisi,’’ Sage Yayıncılık, Ankara, 2012, s. 93.

[29] S. S. Ünal, “Hububat teknolojisi,’’ Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çoğaltma Yayın, no:29, İzmir, 1997, s. 82.

[30] F. Aydın, “Kaliteli ekmek nasıl olmalı: Ekmek,’’ Arter Dijital Ltd. Şti., pp. 184-187, Ankara, 2016.

[31] K. Autio ve T. Laurikainen, “Relationships between flour/dough microstructure and dough handling and baking properties,” Trends in Food Science & Technology, vol. 8, no. 6, pp. 181–185, 1997.

[32] N. Marques, J. Matias, R. Teixeira ve F. Brojo, “Implementation of Hazard Analysis Critical Control Points (HACCP) in a SME: Case Study of a Bakery,’’ Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, vol. 62, no. 4, pp. 215–227, 2012.

[33] P. Fellows, “Food processing technology: principles and practice. Boca Raton, Fla.: Crc Press” Cambridge, pp. 835-913, 2009.

[34] Ekmek üretiminde kritik kontrol ve kalite kontrol noktalarının belirlenmesi. [Online]. Available: http://gidabilimi.com/tr/forum-146/7-iso-22000/234-ekmek-uretiminde-kritik-kontrol-ve-kalite-kontrol-noktalarinin-belirlenmesi (visited on 20/06/2021).

[35] Anonim, ‘’Breads,’’ Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2007.

[36] J. Slavin, “Why whole grains are protective: biological mechanisms” Proceedings of the Nutrition Society, vol. 62, no. 1, pp. 129–134, 2003.

[37] T. M. Đorđević, S. S. Šiler-Marinković, ve S. I. Dimitrijević-Branković, “Effect of fermentation on antioxidant properties of some cereals and pseudo cereals” Food Chemistry, vol. 119, no. 3, pp. 957–963, 2010.

[38] P. Mattila, J.-M. Pihlava ve J. Hellström, “Contents of phenolic acids, alkyl- and alkenylresorcinols, and avenanthramides in commercial grain products” Journal of Agricultural and Food Chemistry, vol. 53, no. 21, pp. 8290–8295, 2005.

[39] I. Banu, I. Vasilean ve I. Aprodu, “Effect of Lactic Fermentation on Antioxidant Capacity of Rye Sourdough and Bread,’’ Food Science and Technology Research, vol. 16, no. 6, pp. 571–576, 2010.

[40] A. Bernhoft, “Bioactive compounds in plants: benefits and risks for man and animals: proceedings from a symposium held in Norwegian Academy of Science and Letters,” 13-14 November 2008, Oslo, 2010.

[41] G. Block ve L. Langseth, “Antioxidant vitamins and disease prevention’’, Food Technology, pp. 80–84, 1994.

[42] W. Langhans, “Food Components in Health Promotion and Disease Prevention,’’ ,’’ Journal of Agricultural and Food Chemistry, vol. 66, no. 10, pp. 2287–2294, 2017.

[43] D. Dziki, R. Różyło, U. Gawlik-Dziki ve M. Świeca, “Current trends in the enhancement of antioxidant activity of wheat bread by the addition of plant materials rich in phenolic compounds,’’ Trends in Food Science & Technology, vol. 40, no. 1, pp. 48–61, 2014.

[44] J. Bajerska, “Bread and its fortification for nutrition and health benefits,’’ Crc Press Inc, 2015.

[45] H.-K. Biesalski vd., “Bioactive compounds: Definition and assessment of activity,’’ Nutrition, vol. 25, no. 11–12, pp. 1202–1205, 2009.

[46] N. A. Burnaz ve M. H. Ertop, "Süt tozu katkisinin ekmek kalite özellikleri ve işlevselliği üzerine etkisi", Gıda, vol. 45, no. 2, pp. 193-203, 2020.

[47] R. Beltrão Martins, I. Gouvinhas, M. C. Nunes, J. Alcides Peres, A. Raymundo ve A. I. R. N. A. Barros, “Acorn Flour as a Source of Bioactive Compounds in Gluten-Free Bread,” Molecules, vol. 25, no. 16, p. 3568, 2020.

[48] C. İnce ve Ö. Çağındı, "Beyaz ve tam buğday unlu ekmek çeşitlerine eklenen beyaz dut (morus alba) yaprak ve posasinin antioksidan ve antidiyabetik aktivite üzerine etkisi", Gıda, vol. 45, no. 5, pp. 977-988, 2020.

[49] J. Ballester-Sánchez, J. V. Gil, C. M. Haros ve M. T. Fernández-Espinar, "Effect of Incorporating White, Red or Black Quinoa Flours on Free and Bound Polyphenol Content, Antioxidant Activity and Colour of Bread,'' Plant Foods for Human Nutrition, vol. 74, no. 2, pp. 185–191, Dordrecht, 2019.

[50] A. M. Mhd Jalil, E. Combet, C. A. Edwards ve A. L. Garcia, "Effect of β-Glucan and Black Tea in a Functional Bread on Short Chain Fatty Acid Production by the Gut Microbiota in a Gut Digestion/Fermentation Model,'' International Journal of Environmental Research and Public Health, vol. 16, no. 2, 2019.

[51] T. Prokopov, V. Chonova, A. Slavov, T. Dessev, N. Dimitrov ve N. Petkova, "Effects on the quality and health-enhancing properties of industrial onion waste powder on bread," Journal of Food Science and Technology, vol. 55, no. 12, pp. 5091–5097, 2019.

[52] B. Topçu, Z. Tacer Caba ve D. Nilüfer Erdil, "Yulaf Ekmeği Üretim Aşamalarının Fenolik Madde İçeriği ve Antioksidan Aktiviteye Etkisi'', Food and Health, vol. 5, no. 1, pp. 48–63, 2019.

[53] F. Zhu, R. Sakulnak ve S. Wang, "Effect of black tea on antioxidant, textural, and sensory properties of Chinese steamed bread,'' Food Chemistry, vol. 194, pp. 1217–1223, 2016.

[54] M. Irakli, D. Katsantonis ve F. Kleisiaris, "Evaluation of quality attributes, nutraceutical components and antioxidant potential of wheat bread substituted with rice bran,'' Journal of Cereal Science, vol. 65, pp. 74–80, 2015.

[55] D. Pasrija, P. N. Ezhilarasi, D. Indrani ve C. Anandharamakrishnan, "Microencapsulation of green tea polyphenols and its effect on incorporated bread quality" LWT- Food Science and Technology, vol. 64, no. 1, pp. 289–296, 2015.

[56] J. C. Ruiz-Ruiz, Y. B. Moguel-Ordoñez, A. J. Matus-Basto ve M. R. Segura-Campos, "Antidiabetic and antioxidant activity of Stevia rebaudiana extracts (Var. Morita) and their incorporation into a potential functional bread,'' Journal of Food Science and Technology, vol. 52, no. 12, pp. 7894–7903, 2015.

[57] Anticancer and Antioxidant Activity of Bread Enriched with Broccoli Sprouts. [Online]. Available: https://www.hindawi.com/journals/bmri/2014/608053/ (visited on 15/06/2021).

[58] C. Dall'Asta, M. Cirlini, E. Morini, M. Rinaldi, T. Ganino ve E. Chiavaro, "Effect of chestnut flour supplementation on physico-chemical properties and volatiles in bread making,'' LWT - Food Science and Technology, vol. 53, no. 1, pp. 233–239, 2013.

[59] Y.-S. Shyu, T.-C. Lu ve C.-C. Lin, "Functional analysis of unfermented and fermented citrus peels and physical properties of citrus peel-added doughs for bread making,'' Journal of Food Science and Technology, vol. 51, no. 12, pp. 3803–3811, 2013.

[60] C. G. Rizzello, R. Coda, F. Mazzacane, D. Minervini ve M. Gobbetti, "Micronized by-products from debranned durum wheat and sourdough fermentation enhanced the nutritional, textural and sensory features of bread,'' Food Research International, vol. 46, no. 1, pp. 304–313, 2012.

[61] A. Yousif, D. Nhepera ve S. Johnson, “Influence of sorghum flour addition on flat bread in vitro starch digestibility, antioxidant capacity and consumer acceptability,’’ Food Chemistry, vol. 134, no. 2, pp. 880–887, 2012.

[62] L. Das, U. Raychaudhuri ve R. Chakraborty, “Supplementation of common white bread by coriander leaf powder,’’ Food Science and Biotechnology, vol. 21, no. 2, pp. 425–433, 2012.

[63] F. Balestra, E. Cocci, G. Pinnavaia ve S. Romani, “Evaluation of antioxidant, rheological and sensorial properties of wheat flour dough and bread containing ginger powder,’’ LWT - Food Science and Technology, vol. 44, no. 3, pp. 700–705, 2011.

[64] J. Chlopicka, P. Pasko, S. Gorinstein, A. Jedryas ve P. Zagrodzki, “Total phenolic and total flavonoid content, antioxidant activity and sensory evaluation of pseudocereal breads,’’ LWT- Food Science and Technology, vol. 46, no. 2, pp. 548–555, 2011.

[65] Ö. M. YILMAZ, ’’Türkiye’de yetiştirilen başlica buğday çeşitlerinin antioksidan aktivitelerinin ve fenolik asit dağilimlarinin belirlenmesi ve ekmeğin nar kabuğu ekstrakti ile zenginleştirilmesi’’, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara Üniversitesi, Ankara, 2011.

[66] H. S. Lim, S. H. Park, K. Ghafoor, S. Y. Hwang ve J. Park, “Quality and antioxidant properties of bread containing turmeric (Curcuma longa L.) cultivated in South Korea,’’ Food Chemistry, vol. 124, no. 4, pp. 1577–1582, 2011.

[67] S. Ragaee, I. Guzar, N. Dhull ve K. Seetharaman, “Effects of fiber addition on antioxidant capacity and nutritional quality of wheat bread,’’ LWT - Food Science and Technology, vol. 44, no. 10, pp. 2147–2153, 2011.

[68] Y.-H. Tseng, H.-H. Yang, C.-H. Chen ve J.-L. Mau, “Quality and antioxidant properties of anka-enriched bread,’’ Journal of Food Processing and Preservation, vol. 35, no. 4, pp. 518–523, 2011.

[69] S. Mildner-Szkudlarz, R. Zawirska-Wojtasiak, A. Szwengiel ve M. Pacyński, “Use of grape by-product as a source of dietary fibre and phenolic compounds in sourdough mixed rye bread,’’ International Journal of Food Science & Technology, vol. 46, no. 7, pp. 1485–1493, 2011.

[70] B. Filipčev, L. Lević, M. Bodroža-Solarov, N. Mišljenović, ve G. Koprivica, “Quality Characteristics and Antioxidant Properties of Breads Supplemented with Sugar Beet Molasses-Based Ingredients,’’ International Journal of Food Properties, vol. 13, no. 5, pp. 1035–1053, 2010.

[71] A. K. Holtekjølen, A. B. Bævre, M. Rødbotten, H. Berg ve S. H. Knutsen, “Antioxidant properties and sensory profiles of breads containing barley flour,’’ Food Chemistry, vol. 110, no. 2, pp. 414–421, 2008.

[72] D. N. Raba, D. Moigradean, M. A. Poiana, M. Popa ve I. Jianu, ‘’Antioxidant capacity and polyphenols content for garlic and basil flavored bread’’, J Agroaliment Proc Technol, vol. 13, pp. 163–168, 2007.

[73] L. Fan, S. Zhang, L. Yu ve L. Ma, “Evaluation of antioxidant property and quality of breads containing Auricularia auricula polysaccharide flour,’’ Food Chemistry, vol. 101, no. 3, pp. 1158–1163, 2007.

[74] L. Gagné, "The Glycemic Index and Glycemic Load in Clinical Practice" EXPLORE, vol. 4, no. 1, pp. 66–69, 2008.

[75] B. Nayak, J. De J. Berrios ve J. Tang, "Impact of food processing on the glycemic index (GI) of potato products,'' Food Research International, vol. 56, pp. 35–46, 2014.

[76] G. Livesey vd., "Dietary Glycemic Index and Load and the Risk of Type 2 Diabetes: A Systematic Review and Updated Meta-Analyses of Prospective Cohort Studies,'' Nutrients, vol. 11, no. 6, p. 1436, 2019.

[77] E. E. Blaak vd., "Impact of postprandial glycaemia on health and prevention of disease,'' Obesity Reviews, vol. 13, no. 10, pp. 923–984, 2012.

[78] J. L. Sievenpiper vd., "Effect of non-oil-seed pulses on glycaemic control: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled experimental trials in people with and without diabetes,'' Diabetologia, vol. 52, no. 8, pp. 1479–1495, 2009.

[79] B. H. Bajka vd., "The impact of replacing wheat flour with cellular legume powder on starch bioaccessibility, glycaemic response and bread roll quality: A double-blind randomised controlled trial in healthy participants,'' Food Hydrocolloids, vol. 114, pp. 106565, 2020.

[80] B. Çetiner, ''Bazi ekmeklik buğday çeşitlerinin fonksiyonel ve tam buğday ekmeği özelliklerinin karşilaştirilmasi, kalite ve fonksiyonel özellikler bakimindan iyileştirilme olanaklarinin araştirilmasi'', Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 2020.

[81] C. Chusak, P. Pasukamonset, P. Chantarasinlapin ve S. Adisakwattana, "Postprandial Glycemia, Insulinemia, and Antioxidant Status in Healthy Subjects after Ingestion of Bread made from Anthocyanin-Rich Riceberry Rice,'' Nutrients, vol. 12, no. 3, p. 782, 2020.

[82] L. Kan, T. Oliviero, R. Verkerk, V. Fogliano ve E. Capuano, "Interaction of bread and berry polyphenols affects starch digestibility and polyphenols bio-accessibility," Journal of Functional Foods, vol. 68, pp. 103924, 2020.

[83] A. Rieder, S. H. Knutsen, A. Sainz Fernandez ve S. Ballance, "At a high dose even partially degraded beta-glucan with decreased solubility significantly reduced the glycaemic response to bread,'' Food & Function, vol. 10, no. 3, pp. 1529–1539, 2019.

[84] T. Korem vd., "Bread Affects Clinical Parameters and Induces Gut Microbiome-Associated Personal Glycemic Responses,'' Cell Metabolism, vol. 25, no. 6, pp. 1243-1253.e5, 2017.

[85] N. S. Stamataki, A. E. Yanni ve V. T. Karathanos, "Bread making technology influences postprandial glucose response: a review of the clinical evidence,'' British Journal of Nutrition, vol. 117, no. 7, pp. 1001–1012, 2017.

[86] V. Vuksan vd., "Reduction in postprandial glucose excursion and prolongation of satiety: possible explanation of the long-term effects of whole grain Salba (Salvia Hispanica L.) ,'' European Journal of Clinical Nutrition, vol. 64, no. 4, pp. 436–438, 2010.

[87] J. K. Udani, B. B. Singh, M. L. Barrett ve H. G. Preuss, "Lowering the glycemic index of white bread using a white bean extract,'' Nutrition Journal, vol. 8, no. 1, 2009.

[88] M. Kristensen vd., "Wholegrain vs. refined wheat bread and pasta. Effect on postprandial glycemia, appetite, and subsequent ad libitum energy intake in young healthy adults,'' Appetite, vol. 54, no. 1, pp. 163–169, 2010.

[89] A. M. Najjar, P. M. Parsons, A. M. Duncan, L. E. Robinson, R. Y. Yâda ve T. E. Graham, "The acute impact of ingestion of breads of varying composition on blood glucose, insulin and incretins following first and second meals,'' The British Journal of Nutrition, vol. 101, no. 3, pp. 391–398, 2009.

[90] K. A. Hätönen vd., "Methodologic considerations in the measurement of glycemic index: glycemic response to rye bread, oatmeal porridge, and mashed potato,'' The American Journal of Clinical Nutrition, vol. 84, no. 5, pp. 1055–1061, 2006.

[91] A. M. Thannoun, "Blood glucose response and glycemic index of breads and some wheat products in normal human subjects,'' Mesopotamia Journal of Agriculture, vol. 33, no. 3, pp. 19–28, 2005.

[92] C. Marques vd., "Comparison of glycemic index of spelt and wheat bread in human volunteers,'' Food Chemistry, vol. 100, no. 3, pp. 1265–1271, 2007.

[93] G. Can ve B. Yılmaz, "İrritabl barsak sendromunun tanı ve tedavisinde yaklaşımlar,'' Güncel Gastroenteroloji, vol. 19, no. 3, pp. 172-181, 2015.

[94] S. J. Shepherd ve P. R. GIBSon, "Fructose Malabsorption and Symptoms of Irritable Bowel Syndrome: Guidelines for Effective Dietary Management,'' Journal of the American Dietetic Association, vol. 106, no. 10, pp. 1631–1639, 2006.

[95] J. S. Barrett, "Extending our knowledge of fermentable, short-chain carbohydrates for managing gastrointestinal symptoms,'' Nutrition in Clinical Practice, vol. 28, no. 3, pp. 300-306, 2013.

[96] E. P. Halmos, V. A. Power, S. J. Shepherd, P. R. Gıbson ve J. G. Muir, "A Diet Low in FODMAPs Reduces Symptoms of Irritable Bowel Syndrome,'' Gastroenterology, vol. 146, no. 1, pp. 67-75, 2014.

[97] P. R. GIBSon ve S. J. Shepherd, "Personal view: food for thought - western lifestyle and susceptibility to Crohn's disease. The FODMAP hypothesis,'' Alimentary Pharmacology and Therapeutics, vol. 21, no. 12, pp. 1399–1409, 2005.

[98] R. Laatikainen vd., "Randomised clinical trial: effect of low-FODMAP rye bread versus regular rye bread on the intestinal microbiota of irritable bowel syndrome patients: association with individual symptom variation,'' BMC Nutrition, vol. 5, no. 1, 2019.

[99] L. Pirkola vd., "Low-FODMAP vs regular rye bread in irritable bowel syndrome: Randomized SmartPill® study,'' World Journal of Gastroenterology, vol. 24, no. 11, pp. 1259–1268, 2018.

[100] V. Fraberger, L.-M. Call, K. Domig ve S. D'Amico, "Applicability of Yeast Fermentation to Reduce Fructans and Other FODMAPs," Nutrients, vol. 10, no. 9, p. 1247, 2018.

[101] R. Laatikainen vd., "Pilot Study: Comparison of Sourdough Wheat Bread and Yeast-Fermented Wheat Bread in Individuals with Wheat Sensitivity and Irritable Bowel Syndrome,'' Nutrients, vol. 9, no. 11, pp. 1215, 2017.

[102] N. Struyf, J. Laurent, J. Verspreet, K. J. Verstrepen ve C. M. Courtin, "Saccharomyces cerevisiae and Kluyveromyces marxianus Cocultures Allow Reduction of Fermentable Oligo-, Di-, and Monosaccharides and Polyols Levels in Whole Wheat Bread,'' Journal of Agricultural and Food Chemistry, vol. 65, no. 39, pp. 8704–8713, 2017.

[103] R. Laatikainen vd., "Randomised clinical trial: low-FODMAP rye bread vs. regular rye bread to relieve the symptoms of irritable bowel syndrome,'' Alimentary Pharmacology & Therapeutics, vol. 44, no. 5, pp. 460–470, 2016.

[104] A. Costabile vd., "Effect of Breadmaking Process on In Vitro Gut Microbiota Parameters in Irritable Bowel Syndrome,'' Plos One, vol. 9, no. 10, pp. 111225, 2014.

[105] G. Francis, PSH. Makkar ve K. Becker, "Antinutritional factors present in plant derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish, Aquaculture,'' vol. 199, pp. 197-227, 2001.

[106] N. R. Reddy, M. D. Pierson, S. K. Sathe ve D. K. Salunkhe, "Phytates in cereals and legumes,'' Occurrence, distribution, content and dietary intake of phytate, CRC Press, Boca Raton, 1989, pp. 39-56.

[107] H. N. Eneobong, "Eating Right (A Nutrition Guide),'' Zoometer Print Communications Ltd., Nigeria, 2001.

[108] C. Y. Aremu, ''Quantitative estimation of dietary contribution of phytate, oxalate and hydrocyanate by six popular Nigerian foodstuffs'', Nig. Nutri, Sci, vol. 10, pp. 79-84, 1989.

[109] M. Demetz, B. South, H. Hanker ve C. Vermerc ve J. Agric, "Food Chem. ,'' vol. 28, pp. 533-536, 1982.

[110] S. Moles ve N. P. G. Waterwan, "Phytochemistry,'' vol. 25, no. 1, pp. 99-102, 1987.

[111] S. J. Olatunde, O. F. Odebunmi, V. F. Abioye ve T. E. Oladimeji, "Quality assessment of gluten-free bread from pro-vitamin A cassava and velvet bean flour,'' Food Research, vol. 4, no. 6, pp. 1988–1994, 2020.

[112] B. Demir vd.,''Effect of quinoa (chenepodium quinoa wild) flour addition on the nutritional and chemical properties of bread'', J. Glob. Innov. Agric. Soc. Sci., vol. 7, no. 4, pp. 173-175, 2019.

[113] M. Abdurrahman vd., "Nutritional value, protein quality and antioxidant activity of Sudanese sorghum-based kissra bread fortified with bambara groundnut (Voandzeia subterranea) seed flour,'' Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, vol. 18, no. 1, pp. 32–40, 2019.

[114] M. Chamba, K. Masamba ve Y. Luo“, International Food Research Journal, vol. 24, no. 5, pp. 1869–1879, 2017.

[115] K. Moktan ve P. Ojha “Quality evaluation of physical properties, antinutritional factors, and antioxidant activity of bread fortified with germinated horse gram (Dolichus uniflorus) flour,'' Food Science & Nutrition, vol. 4, no. 5, pp. 766–771, 2016.

[116] M. M. Mehrjardi, A. Dehghani, G. Khaniki, F. Shah, 4H. ve N. Nazary, “Determination of phytic acid content in different types of bread and dough consumed in Yazd, Iran,” Journal of Food Quality and Hazards Control, vol. 1, pp. 29–31, 2014.

[117] A. Yasmin, A. Zeb, A. W. Khalil, G. M.-D. Parach ve A. B. Khattak, “Effect of Processing on Anti-nutritional Factors of Red Kidney Bean (Phaseolus vulgaris) Grains,'' Food and Bioprocess Technology, vol. 1, no. 4, pp. 415–419, 2008.

[118] A. A. Anton, K. A. Ross, O. M. Lukow, R. G. Fulcher ve S. D. Arntfield, “Influence of added bean flour (Phaseolus vulgaris L.) on some physical and nutritional properties of wheat flour tortillas,'' Food Chemistry, vol. 109, no. 1, pp. 33–41, 2008.

[119] Breaking the mold – impacts of organic and conventional farming systems on mycotoxins in food and livestock feed An Organic Center State of Science Review. [Online]. Available: https://www.semanticscholar.org/paper/BREAKING-THE-MOLD-%E2%80%93-IMPACTS-OF-ORGANIC-AND-FARMING-Benbrook/560135fec82346119720c9a628a0cc33b188b6e7 (visited on 18/06/2021).

[120] L. H. Channaiah ve D. E. Maier, “Best Stored Maize Management Practices for the Prevention of Mycotoxin Contamination,'' Mycotoxin Reduction in Grain Chains, pp. 78–88, 2014.

[121] Aflatoxins. [Online]. Available: https://mountainscholar.org/bitstream/handle/10217/182-337/AEXT_ucsu2062203062003.pdf?sequence=1 (visited on 21/06/2021).

[122] M. M. Samar, M. S. Neira, S. L. Resnik ve A. Pacin, ''Effect of fermentation on naturally occurring deoxynivalenol (DON) in Argentinean bread processing technology'', Food Additives and Contaminants, vol. 11, pp. 1004–1010, 2001.

[123] H. Zhang ve B. Wang, “Fate of deoxynivalenol and deoxynivalenol-3-glucoside during wheat milling and Chinese steamed bread processing,'' Food Control, vol. 44, pp. 86–91, 2014.

[124] H. Zhang ve B. Wang, ''Fates of deoxynivalenol and deoxynivalenol-3-glucoside during bread and noodle processing'', Food Control, vol. 50, pp. 754–757, 2015.

[125] I. Giménez, J. Blesa, M. Herrera ve A. Ariño, “Effects of Bread Making and Wheat Germ Addition on the Natural Deoxynivalenol Content in Bread,'' Toxins, vol. 6, no. 1, pp. 394–401, 2014.

[126] E. Bergamini vd., “Fate of Fusarium mycotoxins in the cereal product supply chain: the deoxynivalenol (DON) case within industrial bread-making

technology,'' Food Additives & Contaminants. Part A, Chemistry, Analysis, Control, Exposure & Risk Assessment, vol. 27, no 5, pp. 677–687, 2010.

[127] C. S. Tibola, M. Z. de Miranda, F. F. Paiva, J. M. C. Fernandes, E. M. Guarienti ve M. Nicolau, "Effect of breadmaking process on mycotoxin content in white and whole wheat breads,'' Cereal Chemistry, vol. 95, no. 5, pp. 660–665, 2018.

[128] Fate of trichothecene mycotoxins during the processing: Milling and baking. [Online]. Available: https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201300921323 (visited on 06/06/2021).

[129] M. M. Samar, M. S. Neira, S. L. Resnik ve A. Pacin, "Effect of fermentation on naturally occurring deoxynivalenol (DON) in Argentinean bread processing technology,'' Food Additives and Contaminants, vol. 18, no. 11, pp. 1004–1010, 2001.

[130] J. Milani ve S. Heidari, "Stability of Ochratoxin a During Bread Making Process,'' Journal of Food Safety, vol. 37, no. 1, pp. e12283, 2016.

[131] A. Vidal, S. Marín, H. Morales, A. J. Ramos ve V. Sanchis, ''The fate of deoxynivalenol and ochratoxin A during the breadmaking process, effects of sourdough use and bran content,'' Food and Chemical Toxicology, vol. 68, pp. 53–60, 2014.

[132] Z. Ciesarová, "The relevance of acrylamide in the food industry: occurrence, exposure and impact of mitigation tools. In: Pedreschi, F.P. and Ciesarová, Z. (eds.) Chemical food safety and health,'' Nova Publishers, Chapter 2, New York, 2013

[133] İ. Doğan ve R. Meral, "Gıdalarda Akrilamid ve Önemi Gıda Teknolojisi Derneği, Türkiye 9. Gıda Kongresi," 24-26 Mayıs, 2006.

[134] JECFA, ''Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA),'' Summary and conclusions from the 64 th meeting of the JECFA.FAO/WHO, Rome, pp. 1-6, 2005.

[135] Q. Ma, S. Cai, Y. Jia, X. Sun, J. Yi ve J. Du, "Effects of Hot-Water Extract from Vine Tea (Ampelopsis grossedentata) on Acrylamide Formation, Quality and Consumer Acceptability of Bread,'' Foods, vol. 9, no. 3, 2020.

[136] Z. Ciesarová vd., "Nutritionally enhanced wheat-oat bread with reduced acrylamide level,'' Quality Assurance and Safety of Crops & Foods, vol. 6, no. 3, pp. 327–334, 2014.

[137] M. Z. Mulla, V. R. Bharadwaj, U. S. Annapure ve R. S. Singhal, "Effect of damaged starch on acrylamide formation in whole wheat flour based Indian traditional staples, chapattis and pooris,'' Food Chemistry, vol. 120, no. 3, pp. 805–809, 2010.

[138] Y. Zhang, "Study on reduction of acrylamide in fried bread sticks by addition of antioxidant of bamboo leaves and extract of green tea," Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition, vol. 16, no 1, pp. 131–136, 2007.

[139] L. Ahrné, C.-G. Andersson, P. Floberg, J. Rosén ve H. Lingnert, "Effect of crust temperature and water content on acrylamide formation during baking of white bread: Steam and falling temperature baking,'' LWT - Food Science and Technology, vol. 40, no. 10, pp. 1708–1715, 2007.

[140] M. Fink, R. Andersson, J. Rosén ve P. Åman, "Effect of Added Asparagine and Glycine on Acrylamide Content in Yeast-Leavened Bread,'' Cereal Chemistry Journal, vol. 83, no. 2, pp. 218–222, 2006.

[141] A. Mustafa, R. Andersson, J. Rosén, A. Kamal-Eldin ve P. Åman, "Factors Influencing Acrylamide Content and Color in Rye Crisp Bread," Journal of Agricultural and Food Chemistry, vol. 53, no. 15, pp. 5985–5989, 2005.

[142] E. E. Çelik ve V. Gökmen, "Farklı tam tahıl unlarından yapılmış ekmek kabuğu benzeri model sistemde Maillard reaksiyon ürünlerinin oluşumu," European Food Research and Technology, 2020.

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

Konferans Bildirileri

[1] E. Baydemir, “International Aegean Symposium On Innovation Technologies & Engineering-III Proceedings Book,” 4. Uluslararası Ege Sempozyumu Kongresi, ISPEC Publishing House, pp. 46, 2021.