

T.C.

İSTANBUL SABAHATTİN ZAİM ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BESLENME VE DİYETETİK ANABİLİM DALI

BESLENME VE DİYETETİK BİLİM DALI

**B₁, B₂, B₃ VE B₆ VİTAMİNLERİ İLE
ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ TİCARİ TAM BUĞDAY
EKMEKLERİNDE B₁, B₂, B₃ VE B₆ VİTAMİNİ
BİYOERİŞİLEBİLİRLİĞİNİN *İN VİTRO*
GASTROİNTESTİNAL SİSTEMDE İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MERVE NUR GİZLİCİ

İSTANBUL

Mayıs, 2020

T.C.

İSTANBUL SABAHATTİN ZAİM ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BESLENME VE DİYETETİK ANABİLİM DALI

BESLENME VE DİYETETİK BİLİM DALI

**B₁, B₂, B₃ VE B₆ VİTAMİNLERİ İLE ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ
TİCARİ TAM BUĞDAY EKMEKLERİNDE B₁, B₂, B₃ VE B₆
VİTAMİNİ BİYOERİŞİLEBİLİRLİĞİNİN *İN VİTRO*
GASTROİNTESTİNAL SİSTEMDE İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Merve Nur GİZLİCİ

Tez Danışmanı

Dr. Öğretim Üyesi Jale ÇATAK

İSTANBUL

Mayıs, 2020

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürlüğüne,

Bu çalışma, jürimiz tarafından Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı, Beslenme ve Diyetetik Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Jale ÇATAK

Üye: Doç. Dr. Mustafa YAMAN

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Zafer CEYLAN

Onay

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Ali GÜNEŞ

Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ

Yüksek lisans tezi olarak hazırladığım “**B₁, B₂, B₃ ve B₆ Vitaminleri ile Zenginleştirilmiş Ticari Tam Buğday Ekmeklerinde B₁, B₂, B₃ ve B₆ Vitamini Biyoerişilebilirliğinin *İn Vitro* Gastrointestinal Sistemde İncelenmesi**” adlı çalışmanın öneri aşamasından sonuçlandığı aşamaya kadar geçen süreçte bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle uyduğumu, tez içindeki tüm bilgileri bilimsel ahlak ve gelenek çerçevesinde elde ettiğimi, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığımı, bu çalışmamda doğrudan veya dolaylı olarak yaptığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu beyan ederim.

Merve Nur GİZLİCİ

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimimin her aşamasında bilgi ve tecrübeleriyle beni yönlendiren ve desteklerini esirgemeyen değerli tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Jale ÇATAK'a ve değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YAMAN' a ve tez çalışmamda bana yardımcı olan Ömer Faruk MIZRAK' a teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca her konuda benden desteklerini esirgemeyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Merve Nur GİZLİCİ

İstanbul-2020

ÖZET

B₁, B₂, B₃ VE B₆ VİTAMİNLERİ İLE ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ TİCARİ TAM BUĞDAY EKMEKLERİNDE B₁, B₂, B₃ VE B₆ VİTAMİNİ BİYOERİŞİLEBİLİRLİĞİNİN *İN VİTRO* GASTROİNTESTİNAL SİSTEMDE İNCELENMESİ

Merve Nur Gizlici

Yüksek Lisans, Beslenme ve Diyetetik

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Jale Çatak

Mayıs-2020, 63 Sayfa

Günümüzde, tam tahıllı ürünlere ve vitaminler gibi fonksiyonel özelliklere sahip bileşenlerle güçlendirilen ekmeklere ilgi artmıştır. Doğal olarak bulunan mevcut vitaminlerde gıda işleme sırasında kayda değer kayıplar meydana gelmektedir. Bu nedenle, tatmin edici bir miktar elde etmek amacıyla ekmeklere vitamin eklenmesi önerilmektedir. Biyoerişilebilirlik seviyelerini belirlemek için, insan gastrointestinal sisteminde meydana gelen biyokimyasal süreçlerin koşullarını simüle edebilen *in vitro* yöntemler kullanılır. Bu çalışmanın amacı, günlük beslenmemizde önemli bir yeri olan zenginleştirilmiş ticari tam buğday ekmeği çeşitlerinde B₁, B₂, B₃ ve B₆ vitaminlerinin ağız, mide ve ince bağırsak ortamında biyoerişilebilirliğini araştırmaktır. Bu çalışmada, popülasyondaki her yaşta yaygın olarak tüketilen zenginleştirilmiş ticari tam buğday ekmeklerindeki B₁, B₂, B₃ ve B₆ vitaminlerinin biyoerişilebilirliği incelendi. Sindirim sonrası ekmeklerdeki B₁, B₂, B₃ ve B₆ vitaminlerinin ortalama biyoerişilebilirlikleri sırasıyla % 80, 64, 79 ve 64 olarak bulunmuştur. *In vitro* sindirim sonucunda, B₂ ve B₆ vitaminlerindeki biyoerişilebilirlikler, B₁ ve B₃ vitaminlerindeki biyoerişilebilirliklere göre daha düşük bulunmuştur. Zenginleştirilmiş ticari tam buğday ekmeklerinde B₁, B₂, B₃ ve B₆ vitaminlerinin biyoerişilebilirliği sırasıyla % 70,9-90,2, % 54,2-89,7, % 42,1-94,9 ve % 44,1-92,5 aralığındadır. Örneklerde B₃ vitamini miktarları dikkat çekici seviyede daha yüksek bulunmuştur. En yüksek biyoerişilebilirlik köy ekmeğindeki B₃ vitamininde % 95 oranında tespit edilirken, en düşük biyoerişilebilirlik % 42 ile çok tahıllı ekmekte yine B₃ vitamininde bulunmuştur.

Uygulamalar arasındaki önemli farklılıklar tek yönlü varyans analizi ile istatistiksel olarak değerlendirilmiştir (ANOVA, $p < 0,05$, Tukey's test).

Anahtar kelimeler: tam buğday ekmeği, *in vitro* sindirim, biyoerişilebilirlik, B vitamini, vitaminle zenginleştirilmiş ekmeğ, HPLC



ABSTRACT

INVESTIGATION OF BIOACCESSIBILITY OF VITAMINS B₁, B₂, B₃, AND B₆ IN COMMERCIAL WHOLE WHEAT BREADS FORTIFIED WITH VITAMINS B₁, B₂, B₃, AND B₆ BY *IN VITRO* GASTROINTESTINAL SYSTEM

Merve Nur Gizlici

Master of Science, Nutrition and Dietetics

Supervisor: Asst. Assoc. Dr. Jale Çatak

Mayıs-2020, 63 pages

Nowadays, there is an increasing interest in whole-grain product consumption and developing breads which could be fortified by vitamin that have functional properties. Noteworthy losses occur in naturally existing vitamins by food processing. Thus, it is suggested to add vitamins to breads in order to get a satisfactory amount. *In vitro* methods are used to determine levels of bioaccessibility because they can simulate the conditions of biochemical processes occurring in the human gastrointestinal tract. The aim of this study is to investigate the bioaccessibility of the vitamins B₁, B₂, B₃, and B₆ in fortified commercial whole wheat bread varieties which have an important place in our daily nutrition in the mouth, stomach and small intestine environment *in vitro*. In this study, the bioaccessibility of vitamins B₁, B₂, B₃, and B₆ investigated in fortified commercial whole wheat breads commonly consumed within all ages in the population. The average bioaccessibility of vitamin B₁, B₂, B₃, and B₆ in fortified breads after digestion were 80, 64, 79, and 64%, respectively. The bioaccessibility of vitamins B₂ and B₆ was lower than vitamins B₁ and B₃ after *in vitro* digestion. The bioaccessibility of vitamins B₁, B₂, B₃ and B₆, are 70.9–90.2%, 54.2–89.7%, 42.1–94.9% and 44.1-92.5% respectively, in fortified commercial whole wheat breads. Vitamin B₃ was found predominantly higher amounts among the samples. The highest bioaccessibility was determined in vitamin B₃ by 95% in traditional bread while the lowest bioaccessibility was again in vitamin B₃ by 42% in multigrain bread. Significant differences between the applications were statistically evaluated by one-way analysis of variance (ANOVA $p < 0.05$, Tukey's test).

Key words: whole wheat bread, *in vitro* digestion, bioaccessibility, vitamin B, vitamin-fortified bread, HPLC

İÇİNDEKİLER

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ	i
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
TABLolar LİSTESİ	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
SEMBOLLER LİSTESİ	x
KISALTMALAR LİSTESİ	xi
GİRİŞ	1
BİRİNCİ BÖLÜM	2
LİTERATÜR TARAMASI	2
1.1. Tahıllar	2
1.2. Ekmek	4
1.2.1. Ekmek çeşitleri	4
1.2.2. Ekmek tüketimi	4
1.3. Ekmeklerde Bulunan Bazı Vitaminler	5
1.3.1. B ₁ Vitamini (Tiamin)	5
1.3.2. B ₂ Vitamini (Riboflavin)	7
1.3.3. B ₃ Vitamini (Niasin)	8
1.3.4. B ₆ Vitamini	9
1.4. Gıda Zenginleştirme	11
1.5. Biyoyararlılık ve Biyoerişilebilirlik	12

İKİNCİ BÖLÜM	14
MATERYAL METOT	14
2.1. Örneklem.....	14
2.2. Materyaller	15
2.3. B ₁ , B ₂ , B ₃ ve B ₆ Vitamin Analizi.....	17
2.3.1. B ₁ Vitamini Tayini	17
2.3.2. B ₂ Vitamini Tayini	18
2.3.3. B ₃ Vitamini Tayini	19
2.3.4. B ₆ vitamini tayini	19
2.4. <i>İn vitro</i> biyoerişilebilirlik analizi.....	20
2.4.1. <i>İn Vitro</i> Sindirim	21
2.5. Miktar Tayini ve Kalite Kontrolü.....	22
2.6. İstatiksel Analizler.....	22
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM	23
BULGULAR ve TARTIŞMA	23
3.1. B ₁ Vitamini.....	23
3.2. B ₂ vitamini	27
3.3. B ₃ vitamini.....	30
3.4. B ₆ vitamini	34
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM	42
SONUÇ	42
KAYNAKÇA	43
ÖZGEÇMİŞ	48

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1: Zenginleştirilmiş ticari tam buğday ekmeği çeşitleri ve ana içerikleri	15
Tablo 2.2: Analizde kullanılan cihaz ve malzemeler	16
Tablo 3.1: Sindirim öncesi ve sonrası zenginleştirilmiş ticari tam buğday ekmeğlerindeki B ₁ vitamini miktarı ve <i>in vitro</i> biyoerişilebilirlik	24
Tablo 3.2: Sindirim öncesi ve sonrası zenginleştirilmiş ticari tam buğday ekmeğlerindeki B ₂ vitamini miktarı ve <i>in vitro</i> biyoerişilebilirlik	27
Tablo 3.3: Sindirim öncesi ve sonrası zenginleştirilmiş ticari tam buğday ekmeğlerindeki B ₃ vitamini (nikotinamid) miktarı ve <i>in vitro</i> biyoerişilebilirlik	31
Tablo 3.4: Sindirim öncesi ve sonrası zenginleştirilmiş ticari tam buğday ekmeğlerindeki B ₆ vitamini (piridoksin) miktarı ve <i>in vitro</i> biyoerişilebilirlik	35

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1: Tiamin kimyasal yapısı	6
Şekil 1.2: Riboflavin kimyasal yapısı	7
Şekil 1.3: Niasin formlarının kimyasal yapısı.....	8
Şekil 1.4: B ₆ vitamini formlarının kimyasal yapısı	10
Şekil 2.1: HPLC sistemi	14
Şekil 3.1: Tam Buğday Ekmeğinde B ₁ Vitamini HPLC Kromatogramı	23
Şekil 3.2: Ekmeklerin B ₁ Vitamini Biyoerişilebilirliği (%).....	26
Şekil 3.3: Çavdarlı Ekmeğin B ₂ Vitamini HPLC Kromatogramı	28
Şekil 3.4: Ekmeklerin B ₂ Vitamini Biyoerişilebilirliği (%).....	29
Şekil 3.5: Çiya Tohumlu Ekmeğin B ₃ Vitamini (nikotinamid) HPLC Kromatogramı.....	32
Şekil 3.6: Ekmeklerin B ₃ Vitamini (nikotinamid) Biyoerişilebilirliği (%)	33
Şekil 3.7: Çavdarlı-karabuğdaylı Ekmeğin B ₆ Vitamini (piridoksin) HPLC Kromatogramı.....	36
Şekil 3.8: Ekmeklerin B ₆ Vitamini (piridoksin) Biyoerişilebilirliği (%)	37

SEMBOLLER LİSTESİ

%:	Yüzde
°C:	Santigrat derece
dk:	Dakika
g:	Gram
kcal:	Kalori
kg:	Kilogram
L:	Litre
M:	Molar
mg:	Miligram
ml:	Mililitre
Nm:	Nanometre
Rpm:	Revolutions Per Minute (Dakikadaki devir sayısı)
µg:	Mikrogram

KISALTMALAR LİSTESİ

USDA:	ABD Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı
TURKOMP:	Türkiye Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı
HPLC:	Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
FAD:	Flavin Adenin Dinükleotid
FMN:	Flavin Mono Nükleotid
NAD:	Nikotinamid Dinükleotid
PL:	Piridoksal
PM:	Piridoksamin
PN:	Piridoksin
vd:	ve diğerleri
dk:	Dakika

GİRİŞ

Çok eski zamanlardan bu yana beslenmemizin büyük bir kısmını karbonhidratlar oluşturmaktadır. Sağlıklı yetişkin bir bireyin ihtiyacı olan enerjinin % 55-60'ını karbonhidratlardan, % 10-15'ini proteinlerden ve % 30'unu yağlardan karşılaması önerilmektedir (TÖBER, 2015). Karbonhidrat denildiğinde, başta tahıl ürünleri olmak üzere meyve, sebze ve baklagil grubu akla gelmektedir. Tahıl grubunun en gözde besinlerinden biri ise buğdaydır. Buğdayın içerisinde B₁, B₂, B₃ ve B₆ vitaminleri başta olmak üzere biyotin, folat, pantotenik asit gibi vitaminler ile fitik asit ve çeşitli aminoasitler bulunur. Pek çok işlemden geçerek tüketebildiğimiz, soframıza kadar gelen buğday, binlerce yıldan bu yana un haline getirilip ekmek yapımında kullanılmaktadır. Sofralardan eksik etmediğimiz ekmek de çeşitli tahıllardan üretildiği için B vitamini yönünden zengindir. Bu vitaminler, besin işleme, depolama ve pişirme sırasında kaybolabilmektedir. Bu yüzden gıda zenginleştirme çalışmaları ile kaybolan besin öğeleri gıdaya ilave edilerek sağlık açısından olumlu fonksiyonel gıdalar oluşturulmaktadır.

Literatürde gıdalardaki B vitaminlerinin biyoerişilebilirliği üzerine sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Ancak, vitamin ilaveli zenginleştirilmiş ticari ekmeklerde vitamin biyoerişilebilirliğinin incelendiği bir çalışmaya rastlanılamamıştır. Çalışmanın amacı, B vitaminleri ile zenginleştirilmiş ticari tam buğday ekmeklerindeki B₁, B₂, B₃ ve B₆ vitaminlerinin, *in vitro* gastrointestinal sindirim sistemi modeli kullanılarak biyoerişilebilirliğini araştırmak ve değerlendirmektir. Bu çalışmada, B₁ (tiamin), B₂ (riboflavin), B₃ (nikotinamid) ve B₆ (piridoksin) vitamini tespitleri HPLC (Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi) cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. LİTERATÜR TARAMASI

1.1. Tahıllar

Tahıllar toplumumuzun temel besin grubudur ve birçok önemli besin ögesini içermesi nedeniyle sağlıklı beslenmede önemli bir yere sahiptir. Buğday, pirinç, mısır, çavdar ve yulaf gibi tahıl taneleri ve bunlardan yapılan un, bulgur ve benzeri ürünler tahıl grubu içerisinde yer almaktadır. Tahıllar ve tahıl kaynaklı ürünler karbonhidratlar başta olmak üzere çeşitli vitamin ve minerallerin kaynağıdır. Tahıllar vitaminlerden özellikle B₁, B₂, B₃ ve B₆' yı; minerallerden fosfor ve potasyumu yüksek oranda içermektedir. Kalsiyum, magnezyum, demir, çinko ve bakırın ise orta derecede iyi kaynağıdır. Karbonhidrat içeriği zengin olduğundan vücudumuz için önemli enerji kaynağı sayılmaktadır (TÖBER, 2015; Besler, 2012). Bireylerin günlük enerji alımının yaklaşık % 43' ü tahıl ve tahıl ürünlerinden sağlanmaktadır (Pekcan, vd., 2006). Bireylerin tahılları diğer besinlere kıyasla daha çok tercih etme sebepleri; tahılların birçok farklı formda tüketilebilmesi, kolay erişilmesi ve faydalı bileşenlerce zengin olmasıdır (Ceyhun Sezgin ve Bülbül, 2017).

Tahıl tanesi; kabuk (kepek), ruşeym ve endospermden oluşmaktadır. Tahıl tanesindeki endosperm denilen kısım buğdayın % 83'ünü kapsar ve tahılın enerji deposudur. Ruşeym buğdayın % 2,5' lik kısmıdır ve protein, lipit, vitamin ve mineraller burada bulunur. Kepek kısmı ise buğday tanesinin % 14,5'ini oluşturur, hem lif hem de vitamin ve mineral yönünden zengindir (Baysal, 2012). Tam taneli tahıllarda bu üç kısım birlikte bulunmaktadır. Tam tahıllar besleyicilik ve fitokimyasal bileşenler açısından da oldukça zengindir. Özellikle diyet lifi, elzem yağ asitleri, antioksidanlar, fenolik bileşikler, lignanları içeren fitoöstrojenler, vitamin ve mineral içeriğinden dolayı sağlık açısından pek çok faydası bulunmaktadır (Şanlıer, 2013).

Rafine tahıllar ise, tahıl tanesinin öğütülerek kabuğunun ve ruşeyminin taneden ayrılmış halini ifade eder. Öğütme işlemi ince bir doku vermek ve ürünün raf ömrünü artırmak için yapılmaktadır. Ancak tahıla öğütme işlemi uygulandığında içerdiği lif, demir ve birçok B vitamini azalmaktadır (TÖBER, 2015).

İşlem görmemiş tahıllarda (karabuğday, kahverengi pirinç), işlem görmüş bazı yiyeceklerde (bulgur, yulaf ezmesi) veya yiyeceklerde katkı maddesi olarak (ekmek, kraker vb. içinde) tam tahıl ifadesi kullanılmaktadır (TÖBER, 2015).

Günümüzde tam taneli tahılların sağlığımız açısından önemli olduğu bilinmektedir. Tam tahılların günlük beslenmemizde düzenli olarak yer almasıyla şişmanlık, kardiyovasküler hastalıklar, Tip 2 diyabet ve çeşitli kanser türleri gibi bulaşıcı olmayan birçok kronik hastalığın oluşma riskini azaltabildiği gözlenmiştir (Şanlıer, 2012). Diyabet hastalığında glisemik kontrolün sağlanması esastır (Gizlici ve Çatak, 2019). Tam tahılların diyet lifi içeriği yüksek olduğundan glisemik indeksi düşüktür (Çatak, 2019a). Bu yüzden glisemik kontrolün sağlanması için önerilmektedir. Ayrıca ülkemizde Sağlık Bakanlığı tarafından yayınlanan, Türkiye'ye Özgü Beslenme Rehberi'nde tam tahıl unu ve ürünlerinin sağlığı olumlu yönde etkilediği üzerinde durulmuş ve tüketimi önerilmiştir (TÖBER, 2015). Tahıllar arasında buğday, özellikle ekmeğin ana bileşeni olarak kullanıldığı için önemli bir yere sahiptir. Anadolu topraklarının buğday ekimine elverişli olması sebebiyle buğday ve buğdaydan yapılan ürünler, Türk mutfağı kültürüne önemli katkılar sağlamıştır (Şeren-Karakuş, Küçükkömürler ve Ekmen, 2007).

Tahıllar öğütülerek un haline getirilir ve birçok yiyeckte kullanılır. Un, ekmek yapımında ana malzeme olarak kullanılmaktadır. Buğday, ekmeğin mayalanması ve hamurun güçlü bir yapıya sahip olmasını sağlayan gluten proteini miktarı bakımından, tahıllar arasında önemli konuma sahiptir. Dünyada toplam 3000 buğday çeşidi olduğu ve en fazla yetiştirilen çeşidinin ekmeçlik buğday olduğu bilinmektedir (Özdemir, 2013).

1.2. Ekmek

Ekmek, kültürümüzde çok eskiden beri bilinen ve tüketilen temel besinimizdir. Tahıl ve ekmeğin insanlar tarafından temel besin olarak tüketilmesi neolitik çağda, yaklaşık 10 000 yıl önce başlamıştır. Yıllardır farklı bölgelerde birçok ekmek çeşidi beslenmemizde yerini almaktadır. Yufka, lavaş, tandır, sac, kömbe, bazlama gibi birçok yöresel ekmek çeşidi bulunmaktadır. İlk yapılan ekmeklerde genellikle arpa kullanılmış, daha sonraki yıllarda buğday ekmeği önem kazanmıştır (Özberk, vd., 2016).

Türk Gıda Kodeksi Ekmek Tebliği'nde ekmeğin tanımı yer almaktadır. Ekmek, buğday ununa su, tuz, maya (*Saccharomyces cerevisiae*), gerektiğinde şeker, enzimler, enzim kaynağı olarak malt unu, vital gluten ve izin verilen katkı maddeleri ilave edilip bu karışımın tekniğine uygun olarak yoğrulması, şekillendirilmesi, fermentasyona bırakılması ve pişirilmesi ile yapılan ürün olarak tanımlanmaktadır (TGK, 2012).

1.2.1. Ekmek çeşitleri

Zamanla değirmenlerin gelişmesi ve tüketicinin beyaz ekmeğe olan talebi nedeni ile un öğütülürken kepek ve ruşeym buğdaydan ayrılmıştır. Fakat son yıllarda tüketicinin daha sağlıklı ve fonksiyonel gıda arayışları ve gıda sektörünün gelişmesi ile tam buğday ununa olan ilgi artmıştır (Özberk, vd., 2016). Günümüzde ekmekler tam buğdaylı, yulafli, kepekli, karabuğdaylı, çavdarlı şeklinde değişik tahıllar ve/veya unları ilave edilerek de üretilmektedir.

Piyanın genişlemesi ve teknolojinin ilerlemesi ile bireylerin daha sağlıklı seçimler yapabilmesi ve bireylerin hassasiyetine özel ekmek içerikleri ile yeni ekmek türleri satışa sunulmaktadır.

1.2.2. Ekmek tüketimi

Ülkemizde ekmek üretim olanakları ve toplumun tüketim alışkanlıklarına bakıldığında tüketim oranı oldukça yüksektir (Karaoğlu ve Kotancılar, 2001). 2010 yılında Türkiye' de yapılan beslenme ve sağlık taramasında; beyaz ekmek türlerinin % 85,4 oranında her gün tüketildiği, bu oranın kırsalda (% 88,8) kentten (% 84,3) daha yüksek olduğu

saptanmıştır. Tam tahıl ekmeklerini tüketim sıklığının ise oldukça düşük olduğu ve tüketim oranlarının kentte yaşayanlarda % 31, kırsalda yaşayanlarda ise % 19 olduğu gözlenmiştir (TBSA, 2010). Son zamanlarda ekmek tüketimi giderek azalmaktadır. Günlük kişisel ekmek tüketiminin 2008' de 331 gram, 2012' de 319 gram olduğu tahmin edilmiştir (TMO, 2013). 2018 yılında ise 195 gram/gün/kişi ekmek tüketildiği bildirilmektedir (T.C. Ticaret Bakanlığı, 2018).

Ülkemizde ekmek, ucuz, doyurucu, erişilebilir olması, bileşiminin karbonhidrat, protein, vitamin ve mineralden zengin olması ve alışkanlıklarımız sebebiyle beslenmemizin önemli bir parçasıdır (Olgun, vd., 2017). Ancak ekmeğin besin öğeleri içeriği buğdayın durumuna ve unun randımanına göre değişmektedir. Besleyici değeri oldukça yüksek olan buğdayın öğütülmesi esnasında kepek ve öz kısmının ayrılması birçok besin öğesinde önemli kayıplar meydana getirmektedir (Şanlı ve Özüdoğru, 2017). Bu kayıplar arasında özellikle B vitaminleri göze çarpmaktadır.

1.3. Ekmeklerde Bulunan Bazı Vitaminler

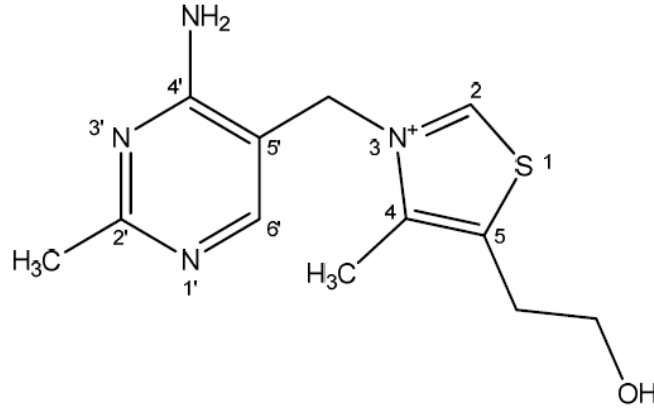
İnsan vücudunda oldukça az miktarlarda bulunmalarına rağmen vitaminlerin vücuttaki etkinlikleri oldukça fazladır. Özellikle B grubu vitaminlerinin besinlerle aldığımız karbonhidrat, yağ ve proteinden enerji oluşması ile ilgili metabolik ve biyokimyasal olaylarda çeşitli rolleri bulunur (TÖBER, 2015).

Bu kısımda suda çözünen vitaminlerden olan B vitaminleri; B₁ vitamini (tiamin), B₂ vitamini (riboflavin), B₃ vitamini (niasin) ve B₆ vitamini açıklamalı şekilde yer almaktadır.

1.3.1. B₁ Vitamini (Tiamin)

Tiamin kimyasal olarak, bir molekül pirimidin ve bir molekül tiyazol grubunun metil köprüsü ile bağlanması sonucu oluşmaktadır. Pirimidin ve tiyazol halkalarını bağlayan metilen köprüsü oldukça zayıftır. Bu bağ pH 2,0 – 4,0 arasında maksimum stabiliteye sahip olmakla beraber ısıya karşı da hassastır (Gregory, 1996; Eitenmiller, Ye ve Landen, 2008). Alkali çözeltide ısıtılırsa bu bağ koparak molekül vitamin özelliğini kaybeder (Baysal, 2012). Tiamin pirofosfat (TPP) ve tiamin monofosfat (TMP) formları bulunur. Tiamin, metabolizmada TPP şeklinde etkinlik göstermektedir. TPP karbonhidrat, yağ ve aminoasit metabolizmasında merkezi rol oynamaktadır. Piruvatın

asetil co-A 'ya dönüşümünde ve pentoz fosfat yolunda koenzim olarak kullanılır. TPP, diğer tiamin fosfat esterleri ile birlikte sinir impulsları iletiminde de görev almaktadır. Ayrıca tiamin mononitrat ve tiamin hidroklorid ticari formları olup gıda takviyesinde kullanılmaktadır (Kochetov ve Solovjeva, 2014; Ball, 2006; Eitenmiller, Ye ve Landen, 2008).



Şekil 1.1: Tiamin kimyasal yapısı (Trang, 2013)

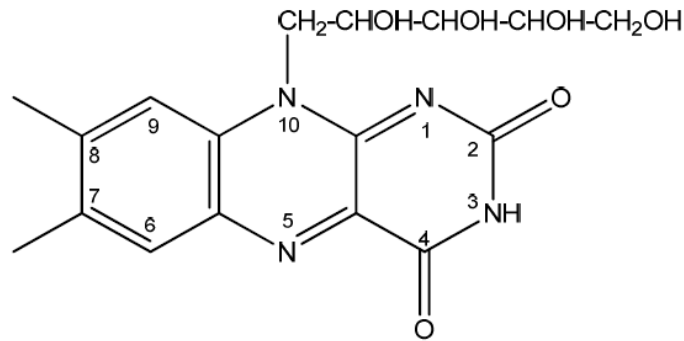
İnsan vücudunda sentezlenmeyen tiamin besinlerden karşılanmalıdır. Tiamin içeren besinler; baklagiller, tam tahıllı gevrekler, sebzeler ve etlerdir. En fazla tiamin içeren kaynaklar; maya, tahıl kepeği, tam tahıllar, böbrek ve karaciğer iken en az içerenler ise süt ve süt ürünleridir. Tiamin bitkisel gıdalarda serbest formda bulunurken, hayvansal gıdalarda ise proteinlere bağlı olarak bulunmaktadır (Chandra-Hioe, vd., 2015; T.C. Sağlık Bakanlığı, 2008). Tahıl tanelerinde tiamin, tohumun dış kısmında ve embriyoda, içteki endosperme kıyasla daha fazla bulunmaktadır. Öğütme işleminin, tahıllardaki tiaminin çoğunu uzaklaştırdığı bilinmektedir. Bu soruna çözüm olarak bazı ülkelerde beyaz un, pirinç ve kahvaltılık gevrekler vitamin ile zenginleştirilmektedir (Ball, 1994).

Günlük alınması önerilen (RDA) tiamin miktarı yetişkinler için 1,2 mg' dır (TÖBER, 2015; USDA, 2020). Yetersiz beslenme ve kronik alkolizm durumlarında B₁ vitamini eksikliği görülür. Alkol tiamin emilimini ve koenzim forma (TPP) dönüşmesini azaltmaktadır (Baysal, 2012). Kronik kusma, anoreksi, gastrointestinal hastalıklar ve parenteral beslenme durumlarında ve yaşlılıkta tiamin yetersizliğine sık rastlanmaktadır. Yetişkinlerde hafif tiamin yetersizliğinin belirtileri uykusuzluk, halsizlik, kilo kaybı, sinirlilik ve zihin bulanıklığıdır. Şiddetli tiamin yetersizliği

sonucunda sinir ve sindirim sistemi bozuklukları ile kendini gösteren beriberi ve Wernicke ensefalopati (Wernicke–Korsakoff sendromu) gözlenmektedir (Lynch ve Young, 2000; Spinazzi, Angelini ve Patrini, 2010).

1.3.2. B₂ Vitamini (Riboflavin)

Riboflavin, ince bağırsak mukozasında fosfat esterleri şeklinde ve kısmen serbest durumda kullanılmaktadır. Riboflavinin fosforlanmış formları flavin mononükleotid (FMN) ve flavin adenin dinükleotid (FAD) dir (Joosten ve Van Berkel, 2007). Riboflavin koenzimleri Krebs döngüsü için gereklidir. FAD ve FMN; piruvatların, yağ asitlerinin ve aminoasitlerin oksidatif bozunmasına ve elektron transferine katılmaktadır (Arsic, Dimitrijevic ve Kostic, 2016). Bütün oksijenli solunum yapan dokularda glutatyon redüktaz enzimi bulunmaktadır. Bu enzim için de riboflavin gereklidir. Ayrıca riboflavin, B₆ vitamininin koenzimine dönüşmesinde de rol almaktadır (Northrop-Clewes ve Thurnham, 2002).



Şekil 1.2: Riboflavin kimyasal yapısı (Trang, 2013)

Riboflavin genellikle birçok işleme dayanıklılık göstermektedir. Ancak ışık, pH ve sıcaklığın yükselmesi riboflavin kaybını artırır (deMan ve Finley 1999). Riboflavin, ışıktan korunduğunda ısıya ve oksidasyona karşı karardır. Maksimum karardılık pH 2.0 ile 5.0 arasındadır (Eitenmiller, Ye ve Landen, 2008). B₂ vitamini yönünden zengin besinler; karaciğer, et, süt ve ürünleri, yumurta, peynir, balık, yeşil yapraklı sebzeler, tahıllar ve baklagillerdir.

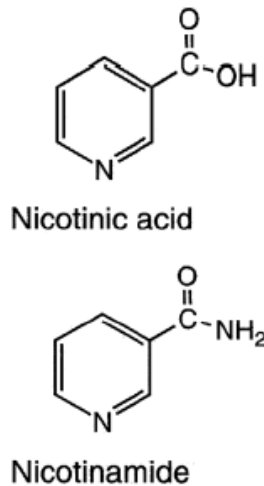
Günlük alınması gereken B₂ vitamini yetişkinler için 1,1 ila 1,3 mg aralığındadır (USDA, 2020; TÖBER, 2015). B₂ vitamini eksikliğine nadir rastlanmaktadır. Genellikle diğer B vitaminlerinin eksikliği ile birlikte ortaya çıkar. Klinik semptomlar,

aylarca riboflavinden mahrum kaldığında belirti göstermekte ve dudaklarda, ağızda, dilde ve deride fotofobi, yırtılma, ağrı ve yanma hissi şeklinde görülmektedir. Aynı zamanda periferik nöropatiye neden olabilmektedir (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2008).

1.3.3. B₃ Vitamini (Niasin)

Niasin; nikotinik asit ve nikotinamid formları şeklinde bulunan ve suda çözünen bir vitamindir (Mawatari, Inuma ve Watanabe, 1991). Gıda maddelerinin zenginleştirilmesi işleminde, ticari olarak bulunabilen ve yaygın olarak eklenen form nikotinamiddir.

Nikotinamid adenin dinükleotid (NAD) ve fosfat-nikotinamid adenin dinükleotid (NADP) olarak iki koenzimi bulunur. Her iki koenzim, hücrelerdeki enzimatik reaksiyonların çoğunda, özellikle glikoz, lipid ve alkol metabolizmalarında kilit rol oynamaktadır. NAD, TCA (Trikarboksilik asit) döngüsünde ve elektron taşıma zincirine taşınması dahil metabolik reaksiyonlarda hidrojenleri ve elektronları taşıdığı için, koenzim FAD ile benzer şekilde rol almaktadır (Prakash, vd., 2008). Nikotinamid, deoksiribo nükleik asit (DNA) tamiri ve proteinlerin ADP-ribozilasyonu için de gereklidir (Hageman ve Stierum, 2001).



Şekil 1.3: Niasin formlarının kimyasal yapısı (Kohlmeier, 2015)

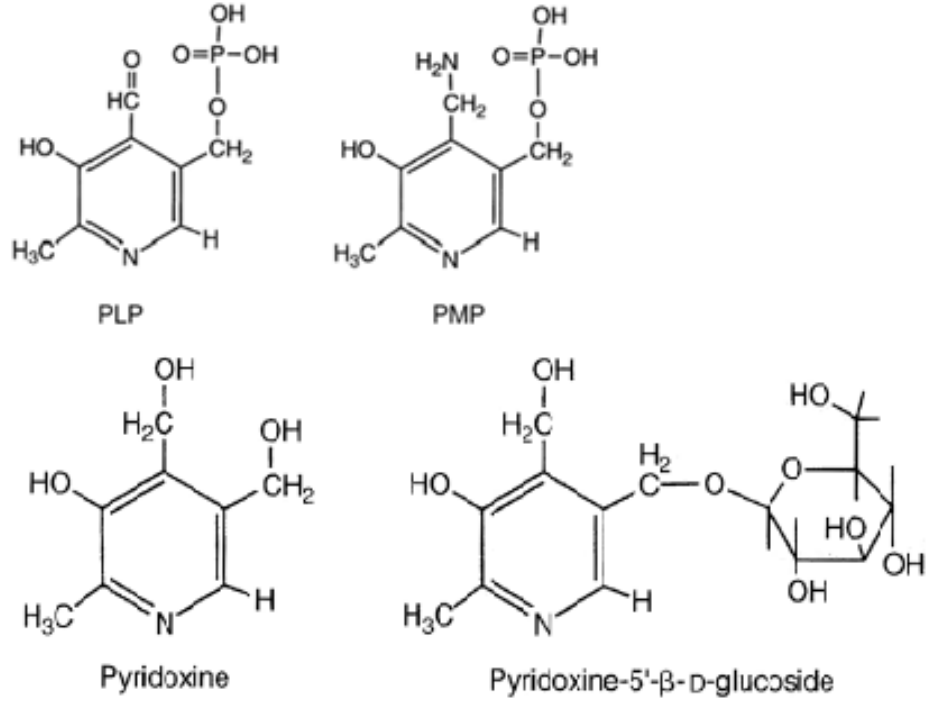
Vücutta enerji üretiminde, enzimlerin normal işleyişinin sağlanmasında ve sindirimin kolaylaşmasında rol almaktadır. Ayrıca sinir hücreleri ve cilt sağlığı için önemli bir vitamindir (Clifford ve Curely, 2012). Niasinin, insan vücudunda esansiyel aminoasit olan triptofandan oluşturulabildiği ve 60 mg triptofanın, 1 mg niasin oluşturduğu bilinmektedir. Bu orana, niasin eşdeğeri (NE) denir (Arsic, Dimitrijevic ve Kostic 2016).

Niasin yönünden zengin besinler; et, balık, kümes hayvanları, karaciğer, maya, tahıllar, kuru baklagiller ve yeşil yapraklı sebzelerdir. Günlük önerilen RDA niasin miktarı; yetişkin kadınlarda 14 mg, erkeklerde ise 16 mg'dır. Hamilelik ve emziklik döneminde ihtiyaç artmaktadır (TÖBER, 2015; USDA, 2020).

Niasin eksikliği ilk önce kas zayıflığı, anoreksi, hazımsızlık ve deri döküntüsü olarak kendini göstermektedir. Ciddi oranda eksiklik olursa 3 D (diyare, dermatit ve demans) hastalığı olarak bilinen ve zaman zaman ölüme neden olabilen pellegra hastalığına neden olmaktadır. Sinir sistemi bozuklukları ile kendini göstermektedir (Prakash, vd., 2008).

1.3.4. B₆ Vitamini

B₆ vitamini; piridoksin (PN), piridoksal (PL) ve piridoksamın (PM) ve bunların 5-fosfat formlarında (PNP, PLP, PMP), ayrıca piridoksin glikozid (PNG) ve PN.HCl formlarında bulunur (Velisek ve Cejpek, 2007; Eitenmiller, Ye ve Landen, 2008). PN.HCl, ticari olarak temin edilebilen ve gıda maddelerinde takviye olarak kullanılan formudur (Eitenmiller, Ye ve Landen, 2008). Hayvansal dokulardaki ana formlar PLP ve PMP' dir, bitki kaynaklı yiyecekler, bazen glikozit formunda olan PNG ve PNP içermektedir.



Şekil 1.4: B₆ vitamini formlarının kimyasal yapısı (Kohlmeier, 2015)

İnsan vücudunda her üç form (PL, PM, PN) aktif form olan PLP' ye dönüşmektedir. İnce bağırsakta piridoksal formunda emilmekte, bu daha sonra piridoksamine dönüştürülmektedir (Arsic, Dimitrijevic ve Kostic, 2016).

Piridoksal fosfat; aminoasit, karbonhidrat ve yağ metabolizmasına katılmaktadır. Beyaz kan hücreleri ve immün sistem hücrelerinin oluşmasında ve hücrelerin çoğalmasında görevlidir. Aynı zamanda vücutta insülin ve hemoglobin gibi kimyasalların üretiminde görev almaktadır. Aminoasit metabolizmasındaki merkezi önemi nedeniyle, B₆ vitamini için gereksinimler ve referans girişleri genellikle protein alımıyla hesaplanmaktadır (Bender, 1994; Etcheverry, Grusak ve Fleige, 2012).

B₆ vitamininden zengin besinler; et, tam taneli tahıllar, baklagiller, yeşil yapraklı sebzelerdir. Yetişkinlerin günlük alması gereken toplam B₆ vitamini 1,3 ile 1,7 mg aralığındadır (TÖBER, 2015; USDA, 2020). Eksikliği nadir gözlenmektedir. Suda çözünen diğer vitaminlerin aksine, kas dokusunda önemli miktarda depolanmaktadır. Eksikliğin klinik belirtileri zayıflık, uykusuzluk, huzursuzluk ve periferik nöropati gibi nörolojik bozukluklarla ilgilidir (Plecko ve Stöckler, 2009). Eksikliğinde; plazmada homosistein artışına neden olabilir (WHO &FAO, 2006).

1.4. Gıda Zenginleştirme

Eksikliğinde ciddi hastalıklar görülen mikro besin öğelerinin, yeterince karşılanması önem arz etmektedir. Mikro besin öğesi eksikliklerinin görülme nedenleri; yetersiz ve dengesiz beslenmeden doğan düşük seviyeler, besin işleme-depolama sırasında kayıplar, özel durumlarda artan ihtiyaçlar olarak sıralanabilir. Bunların yanı sıra günümüzde popüler hale gel en enerjisi yüksek, besin değeri düşük beslenme tarzının eksiklikleri artırdığı bilinmektedir. Bu durumda vitaminlerin takviye veya gıda zenginleştirme yoluyla sağlanması en uygun yöntem olacaktır (Bui, Small ve Coad, 2013; WHO&FAO, 2006).

Gıda zenginleştirme, mikro besin eksikliklerini önlemek için güvenli ve etkili bir şekilde gelişmiş ülkelerde yüzyıldan fazla bir süredir uygulanmakta olan stratejilerden biridir. Yirminci yüzyılın başlarında İsviçre tuza iyot eklerken, 1918' de Danimarka' da margarine A vitamini ilave edilmiştir. 1930' larda birçok gelişmiş ülkede A vitamini takviyeli süt ve demir ile B kompleks vitaminleri takviyeli un piyasaya sürülmüştür (WHO&FAO, 2006; Das, vd., 2013). 1940' ların başından itibaren, tahıl ürünlerinin tiamin, riboflavin ve niasin ile takviye edilmesi yaygın bir uygulama haline gelmiştir (Bishai ve Nalubola, 2002). Roma' da 1992 yılında yapılan ICN Uluslararası Beslenme Konferansı' nda (International Conference on Nutrition) gıdaya dayalı aktivitelerin ve gıda zenginleştirmenin vitamin ve mineral yetersizliklerinde önemi belirtilmiş ve gıda zenginleştirilmesinin bir zorunluluk olduğu vurgulanmıştır (FAO/WHO 1992).

Gıdalara besin öğelerinin eklenmesini tanımlayan üç terim kullanılmaktadır.

Gıda zenginleştirme (Food fortification): Gıdada doğal olarak bulunan veya bulunmayan, bir veya birden fazla elzem besin öğesinin, toplumda veya özel bir risk grubunda bir veya birkaç besin öğesinin yetersizliğinin düzeltilmesi veya önlenmesi amacıyla gıda maddelerine daha fazla miktarda eklenmesidir.

Güçlendirme (Enrichment): Gıda zenginleştirme ile eş anlamlı olarak da kullanılmaktadır.

Yerine koyma (Restoration): Gıda sanayiinde; üretim, normal depolama ve işleme sürecinde kayba uğrayan elzem besin öğelerinin işlem öncesi düzeyinde eklenmesi, eski içeriğine kavuşturulmasıdır (Ulusal Gıda ve Beslenme Stratejisi Çalışma Grubu Raporu, 2001).

Ülkemizde ise besin zenginleştirilmesi Türk Gıda Kodeksi Takviye Edici Gıdalar Tebliği uyarınca, takviye edici gıdalarda kullanılan vitaminler; A, B₁, B₂, B₃, B₅, B₆, B₁₂, C, D, E, K, folik asit ve biotin ile gerçekleştirilir. Bu takviyelerin ülkemizde gıdalara takviyesi konusunda kısıtlama uygulanmakta ancak zorunluluk içermemektedir (TGK, 2017). Zenginleştirme ile ilgili son DSÖ kılavuzları, destekleme amacının, popülasyondaki bireylerin % 97,5' ini belirli mikro besinler için tahmini ortalama ihtiyaçlarını (EAR) karşılayan ve tolere edilen üst seviyeyi aşmayan bir alım sağlamak olduğunu belirtmektedir (WHO&FAO, 2006).

Vitaminlerin duyarlılıkları çeşitlilik göstermektedir. Kayıpların nedenleri arasında besinlerin yıkanma ve pişirilme sırasında bazı vitaminlerin suya süzülmesi, gıda işlenmesi, depolama veya hazırlama sırasında ışığın uyardığı bozulma, pH koşulları ve diğer besin bileşenleri nedeniyle oluşan kimyasal reaksiyonlar bulunmaktadır. İlave olarak koruma stratejileri de kullanılmadıkça, yüksek kayıplar, gıdaya uygulanan takviyenin yararlılığını en aza indirmektedir (Bui, Small ve Coad, 2013).

Vitamin ve minerallerin *in vivo* ve *in vitro* yöntemlerle biyolojik olarak erişilebilirliğinin araştırılması önem arz etmektedir.

1.5. Biyoyararlılık ve Biyoerişilebilirlik

Biyoyararlılık, sindirimi gerçekleştiren gıdalardaki bileşenlerin ince bağırsakta emilimi gerçekleştikten sonra kalın bağırsağa geçerek absorbe edilmesi, besin öğesinin transferi ve diğer doku ve organlara taşınmasını içermektedir. Biyoerişilebilirlik ise katı gıda matrisinden açığa çıkan gıda bileşeninin, bağırsak bariyerini aşarak bağırsak sisteminde kalan bileşenin gıdada başlangıçta bulunan bileşene oranı olarak ifade edilmektedir. Kısaca, gıdanın sindirilmesi ile alınan bileşiğin, ince bağırsakta emilimi gerçekleştikten sonra elde edilen kısmı olarak tanımlanır (Horasan Sağbasan, 2015).

Biyoerişilebilirlik ve biyoyararlılığın klinik kontrol çalışmalarının tam ve kesin sonuçlar vermesi gerektiği düşünülür. Ancak *in vivo* olarak yapılan bu çalışmalar zaman alıcı, yoğun, pahalı, karmaşık ve çalışılan gıda sayısının sınırlı olduğu çalışmalardır. Gıdalarda biyoerişilebilirlik bilgisinin elde edilmesi ve biyoerişilebilirliğe endüstriyel proseslerin ve evde pişirmenin etkilerinin incelenmesi, kısa zamanda çok sayıda örneğin analiz edilebilmesini gerekli

kılmaktadır. Bu yüzden çok sayıda örneğin basit, ekonomik, hızlı ve tekrarlanabilir şekilde analiz edilebilmesini sağlayan *in vitro* sindirim yöntemleri uygulanmaktadır (Capanoglu, vd., 2008). Literatürde, *in vitro* sindirim koşullarda yapılan biyoerişilebilirlik çalışmalarından elde edilen sonuçlar, *in vivo* çalışmalarla karşılaştırıldığında aralarında bir korelasyon bulunduğu tespit edilmiştir. Bu durum hızlı ve güvenilir sayılan *in vitro* metotların kullanımını arttırmıştır (McDougall ,vd., 2005).

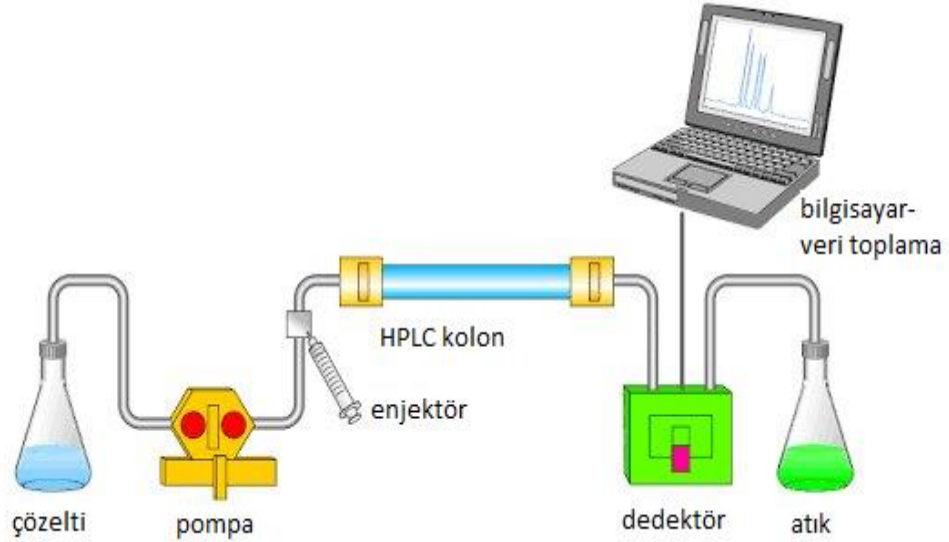


İKİNCİ BÖLÜM

2. MATERYAL METOT

2.1. Örneklem

Bu çalışma Haziran 2019'da İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi AR-GE laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, İstanbul'daki farklı marketlerden temin edilen 8 farklı, B vitaminleri ile zenginleştirilmiş ambalajlı ticari tam buğday ekmeği kullanılmıştır. Ekmeklerde bulunan B₁, B₂, B₃ ve B₆ vitaminlerinin biyoerişilebilirliği, *in vitro* sindirim modeli kullanılarak HPLC (Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi) cihazı ile incelenmiştir. HPLC cihazı Şekil 2.1.' de görülmektedir.



Şekil 2.1: HPLC sistemi (Famscience, 2020)

2.2. Materyaller

Çalışmada kullanılan ekmekler ve ana içerikleri Tablo 2.1. 'de belirtilmiştir.

Tablo 2.1: Zenginleştirilmiş ticari tam buğday ekmeği çeşitleri ve ana içerikleri

Örnek	Ekmek çeşidi	İçerik ve ilave edilmiş B vitaminleri	Diyet lifi (g/100 g)
1	Tam buğday ekmeği	Tam buğday unu, ekşi maya, B ₁ , B ₃	6,98
2	Çavdarlı ve karabuğdaylı ekmek	Tam buğday unu, buğday unu, çavdar unu, karabuğday unu, B ₁ , B ₂ , B ₃ , B ₆	6,5
3	Çiya tohumlu tam buğday ekmeği	Tam buğday unu, buğday unu, çiya tohumu, ayçekirdeği içi, keten tohumu, B ₁ , B ₂ , B ₃ , B ₆	6,6
4	Kepekli ekmek	Tam buğday, buğday unu ve kepeği, B ₁ , B ₂ , B ₆	7,22
5	Köy ekmeği	Tam buğday unu, buğday unu kepeği, çavdar unu, çavdar kepeği, B ₁ , B ₂ , B ₆	7,93
6	Çavdarlı ekmek	Çavdar unu, buğday unu, tam buğday unu, çavdar, B ₁ , B ₂ , B ₃ , B ₆	9,40
7	Light ekmek	Tam buğday unu, buğday kepeği, B ₁ , B ₂ , B ₆	13,48
8	Çok tahıllı ekmek	Buğday unu, tam buğday unu, buğday-çavdar-yulaf taneleri, ayçekirdeği, keten tohumu, haşhaş, akdarı, çörek otu, B ₁ , B ₂ , B ₆	10,5

Çalışmada kullanılan cihaz ve malzemeler markalarıyla birlikte Tablo 2.2.' de verilmiştir.

Tablo 2.2: Analizde kullanılan cihaz ve malzemeler

Kullanılan cihaz ve malzemeler	Marka
HPLC	Shimadzu
Analitik terazi (0,0001 g hassasiyetle)	Radwag – AS 220.R2
Manyetik karıştırıcı	Isolab Labor geröte GmbH
Etüv (130±3 °C'ye ayarlanabilen)	Memmert
pH metre	HANNA HI/2211PH/ORP Meter
Ultrasonik su banyosu	Selecta ultrasons H-D
Çalkalamalı su banyosu	Memmert
Otoklav	Selecta Presoclave – II
Otomatik pipet (100/1000µl-5/50µl-2/200µl)	Axypet- autoclavable
0, 45 µm CA filtre	Chromafil CA-45/25
Termometre	Dıgıtal Thermometer
Su destilasyon cihazı	Direct-Q 3 UV ultrapure (type1)

Vitaminlerin tayininde; hidroklorik asit çözeltisi (0,1 N), sodyum hidroksit çözeltisi, potasyum ferrisiyanid çözeltisi (% 1), sodyum asetat çözeltisi (2,5 M), ortofosforik asit, taka diastaz, asit fosfataz, bakır sülfat, monofosfat, hidrojen peroksit, standart tiamin stok çözeltisi, standart riboflavin stok çözeltisi, standart nikotinamid stok çözeltisi ve standart piridoksin (PN) stok çözeltisi kimyasalları kullanılmıştır. Çözeltilerin hazırlanışı aşağıda belirtilmiştir:

a) Hidroklorik Asit (HCl) Çözeltisi (0,1 N): 8,28 mL hidroklorik asit 1 L' lik balon joje içerisine alındı ve distile su ilavesi ile hacmine tamamlandı.

b) Sodyum Hidroksit (NaOH) Çözeltisi (% 15): 15 g sodyum hidroksit 100 mL' lik balon joje içine tartıldı ve distile su ile hacim tamamlandı.

c) Potasyum Ferrisiyanid Çözeltisi (% 1): 0,25 g potasyum ferrisiyanid tartılarak 25 mL' lik balon jojeye konuldu ve sodyum hidroksit (% 15) ile hacim tamamlandı.

d) Sodyum Asetat Çözeltisi (2,5 M): 20,51 g sodyum asetat tartıldı ve 100 mL distile su ile hacim tamamlandı.

e) **Standart Tiamin Stok Çözeltisi (100 µg/mL)**: 10 mg tiamin hidroklorid standardı 100 mL' lik balon joje içerisine tartıldı. Bir miktar 0,1 N hidroklorik asit ile çözündürüldü. Çözelti hacmine tamamlandı.

f) **Standart Riboflavin Stok Çözeltisi (100 µg/mL)**: 10 mg riboflavin hidroklorid standardı 100 mL' lik balon joje içine tartılarak bir miktar 0,1 N hidroklorik asit ile çözündürüldü. Çözelti hacmine tamamlandı.

g) **Standart Nikotinamid Stok Çözeltisi (100 µg/mL)**: 10 mg nikotinamid standardından 100 mL' lik balon joje içerisine tartılarak bir miktar 0,1 N hidroklorik asit ile çözündürüldü ve hacmine tamamlandı.

h) **Standart Piridoksin Stok Çözeltisi (100 µg /mL)**: Pridoksin standartından 10 mg 100 mL' lik balon joje içerisine tartılarak 0,1 N hidroklorik asit ile çözündürüldü ve hacmine tamamlandı.

2.3. B₁, B₂, B₃ ve B₆ Vitamin Analizi

2.3.1. B₁ Vitamini Tayini

Ndaw ve ark. (2000) ve Tang ve ark. (2006) tarafından uygulanan B₁ vitamini tayini modifiye edilerek gerçekleştirildi (Ndaw, vd., 2000; Tang, vd., 2006). Çalışma standartlarının her biri 50 mL' ye tamamlanmadan önce potasyum ferrisiyanid (%1) çözeltisinden 1,5 mL ilave edildi. Standartların pH değeri orto-fosforik asitle $7,1 \pm 1'$ e ayarlanarak tiamin, floresans türevi olan tiokroma dönüştürüldü.

a) Örneğin Hazırlanması

5 g örnek 100 mL' lik erlene tartıldı ve üzerine 60 mL HCl çözeltisi (0,1 N) ilave edildi. 121° C' de 30 dk süre ile otoklavlandı. Örnekler oda sıcaklığına gelinceye kadar soğutuldu. Sodyum asetat çözeltisi (2,5 M) kullanılarak pH 4,5'e ayarlandı. Örneğin üzerine 100 mg takadiastaz ve 10 mg asit fosfataz enzimi ilave edildi. Çalkalamalı su banyosunda 37 °C' de 3 saat inkübe edildi. Daha sonra oda sıcaklığına gelene kadar soğutuldu. HCl çözeltisi (0,1 N) ile hacim 100 mL' ye tamamlandı ve süzüldü. Örnekten 20 mL alındı, üzerine 1,5 mL potasyum ferrisiyanid çözeltisi ilave edildi ve orto-fosforik asitle pH $7,1 \pm 1'$ e ayarlandı ve 0.45 µm CA filtre ile süzülerek HPLC' ye enjekte edildi.

b) HPLC Koşulları

Mobil faz için, %75 tampon çözelti (0.033M KH₂PO₄) ve %25 metanol karıştırıldı. Sonra ortofosforik asitle pH 7,1 ± 1' e ayarlandı ve 0.22 µm CA filtreden süzülerek HPLC' ye enjekte edildi. B₁ vitamini analizinde floresans dedektör kullanıldı. Floresans dedektör; eksitasyon 366 nm' ye, emisyon ise 445 nm' ye ayarlandı. Kolon (Agilent Eclipse XCD- C18, 5µm, 4,6x150 mm) akış hızı 1 mL/dakika ve kolon sıcaklığı 25°C idi.

2.3.2. B₂ Vitamini Tayini

Ndaw ve ark. (2000) ve Tang ve ark. (2006) tarafından uygulanan B₂ vitamini tayini uyarlanarak yapıldı (Ndaw vd., 2000; Tang vd., 2006).

a) Örneğin hazırlanması

5 g örnek 100 mL erlene tartıldı, üzerine 50 mL 0,1 N hidroklorik asit çözeltisi ilave edildi. 121 °C de 30 dk otoklavlandı. Örnekler oda sıcaklığına kadar soğutuldu. 2,5 M' lik sodyum asetat çözeltisi kullanılarak pH 4,5' e ayarlandı. Örneğin üzerine 100 mg takadiastaz ve 10 mg asit fosfataz enzimi ilave edildi. Çalkalamalı su banyosunda 37 °C 'de 3 saat inkübe edildi. Daha sonra oda sıcaklığına gelene kadar soğutularak hacim 100 mL' ye 0,1 N HCl çözeltisi ile tamamlanıp 0.45 µm CA filtre ile süzülerek HPLC' ye enjekte edildi.

b) HPLC Koşulları

Mobil faz 250 mL metanol ve 750 mL deiyonize su ile hazırlandı. B₂ vitamini analizinde floresans dedektör kullanıldı. Floresans dedektör eksitasyon 445 nm' ye, emisyon ise 525 nm' ye ayarlandı. Kolon (Agilent Eclipse XCD- C18, 5µm, 4,6x150 mm) akış hızı 1 mL/dakika ve kolon sıcaklığı ise 25 °C idi.

2.3.3. B₃ Vitamini Tayini

Rose-sallin vd. (2001) ve Çatak J. (2019b) tarafından uygulanan tayin yöntemi uyarlanarak nikotinamid tespiti gerçekleştirildi (Rose-sallin vd., 2001; Çatak, 2019b).

a) Örneğin Hazırlanması

5 g örnek 100 mL' lik erlene tartıldı ve üzerine 60 mL 0,1 N hidroklorik asit ilave edildi. 121 °C' de 30 dk otoklavlandı. Oda sıcaklığına kadar soğutuldu. Hacim deiyonize suyla tamamlandı. Filtre kağıdı ve ardından 0.45 µm CA filtre ile süzülerek HPLC' ye enjekte edildi.

b) HPLC Koşulları

Niasinin formlarını (nikotinik asit, nikotinamid) belirlemek için kolon sonrası türevlendirme gerekmektedir. Bu çalışmada nikotinamid formunun belirlenmesinde Çatak (2019)' un çalışmasında belirtilen niasin formlarının tespit yöntemi uygulandı (Çatak 2019b). 60 cm uzunluğunda UV-A lambasına 0,5 mm çapında ve 20 cm uzunluğunda teflon tüpü sararak kolon sonrası türevlendirme için fotokimyasal türevlendirme sistemi kuruldu. Sistem floresans dedektör ve HPLC kolonu arasında bağlandı. Mobil faz için 9,5 g potasyum dihidrojen fosfat (KH₂PO₄) tartıldı. Üzerine 500 mL destile su ilave edilerek çözüldürüldü. Daha sonra, üzerine 7,5 mL hidrojen peroksit (H₂O₂) ve 2 mL bakır (II) sülfat pentahidrat (CuSO₄.5H₂O) çözeltisi (0,12 g/100 mL) ilave edildi. Hacim 1 L'ye tamamlandı ve 0,22 µm CA filtreden süzüldü. B₃ vitamini analizinde floresans dedektör kullanıldı. Floresans dedektör eksitasyon 322 nm' ye, emisyon ise 380 nm' ye ayarlandı. Kolon (Agilent Eclipse XO8- C18, 5µm, 4,6x150 mm) akış hızı 1 mL/dakika ve kolon sıcaklığı 25 °C idi.

2.3.4. B₆ vitamini tayini

Kall (2003) tarafından uygulanan B₆ vitamini tayini yöntemi modifiye edilerek piridoksin tespiti gerçekleştirildi (Kall, 2003).

a) *Örneğin hazırlanması*

5 g örnek 250 mL' lik erlene tartıldı, üzerine 60 mL 0,1 N hidroklorik çözeltisi ilave edildi. 121 °C 'de 30 dk otoklavlandı. Örnekler oda sıcaklığına gelene kadar soğutuldu. 2,5 M sodyum asetat çözeltisi kullanılarak pH 4,5'e ayarlandı. Örneğin üzerine 100 mg takadiastaz, 10 mg asit fosfataz ve 10 mg beta-glukozidaz enzimi ilave edildi. Çalkalamalı su banyosunda 37 °C 'de 18 saat inkübe edildi. *İn vitro* sindirimin sonunda toplanan örneklerde sadece asit fosfataz ve β -glukozidaz enzimleri kullanıldı. Daha sonra oda sıcaklığına gelene kadar soğutularak hacim 100 mL 'ye 0,1 N HCl çözeltisi ile tamamlandı. Ardından 0.45 μ m CA filtre ile süzülerek HPLC 'ye enjekte edildi.

b) *HPLC koşulları*

Günlük olarak taze hazırlanan mobil faz; % 95 tampon çözeltisi (11 g KH_2PO_4 ve 0,5 g 1-heptansülfonik asit) ve % 5 asetonitrilden hazırlandı. Çözelti orto-fosforik asit ile pH 2,4 'e ayarlandı ve vakum altında 0,20 μ m CA filtreden süzüldü. Floresans dedektör eksitasyon 290 nm' ye, emisyon ise 395 nm' ye ayarlandı. B₆ vitamininin PN formunu ayırmada (Agilent Eclipse XO8- C18, 5 μ m, 4,6x150 mm) kolon kullanıldı. Kolon akış hızı 0.8 mL/dakika, kolon sıcaklığı 25°C idi.

2.4. *İn vitro* biyoerişilebilirlik analizi

Çalışmadaki ekmeklerde bulunan B₁, B₂, B₃ ve B₆ vitaminlerinin biyoerişilebilirliği, *in vitro* ortamda insan sindirim sistemi simüle edilerek belirlendi. *İn vitro* analizde Lee vd. (2016) tarafından önerilen yöntem uyarlanarak kullanıldı. Ağız, mide ve ince bağırsak solüsyonları hazırlandı (Lee, vd., 2016).

Ağız: Sodyum klorür (175,3 g/L) çözeltisinden 1,7 mL ve üre (25 g/L) çözeltisinden 8 mL alındı ve 500 mL' lik erlen içine konuldu ve 400 mL deiyonize su ilave edildi. Hazırlanan bu karışıma 15 mg ürik asit, 290 mg α -amilaz ve 25 mg müsün ilave edildi ve hacim 500 mL' ye tamamlandı. Çözeltinin pH 'ı $6,8 \pm 0,2$ olacak şekilde 1M HCl ya da 0,2M NaOH ile ayarlandı.

Mide: HCl (37 g/L) çözeltisinden 6,5 mL, CaCl₂·2H₂O (22,2 g/L) çözeltisinden 18 mL alındı ve hacmi 500 mL' ye deiyonize su ile tamamlandı. Daha sonra üzerine 1 g sığır serum albumin, 2,5 g pepsin ve 3 g musin ilave edildi ve çözündürüldü. Çözeltinin pH' ı $1,5 \pm 0,2$ olacak şekilde 1M HCl ya da 0,2M NaOH ile ayarlandı.

İnce Bağırsak: KCl (89,6 g/L) çözeltisinden 6,3 mL, CaCl₂·2H₂O (22,2 g/L) çözeltisinden ise 9 mL alındı. Hacmi 500 mL' ye deiyonize su ile tamamlandı. Daha sonra üzerine, 1 g sığır albümin, 1,5 g lipaz ve 9 g pankreatin ilave edilerek çözündürüldü. Çözeltinin pH' ı $8 \pm 0,2$ olacak şekilde 1M HCl ya da 0,2M NaOH ile ayarlandı.

Safra sıvısı: NaHCO₃ (84,7 g/L) çözeltisinden 68,3 mL, CaCl₂·2H₂O (22,2 g/L) çözeltisinden 10 mL alındı ve üzerine 400 mL deiyonize su ilave edildi. Daha sonra 1,8 g sığır albümini ve 30 g safra ilave edildi ve çözündürüldü. Hacim 500 mL' ye tamamlandı ve pH $7,0 \pm 0,2$ olacak şekilde 1M HCl ya da 0,2M NaOH ile ayarlandı.

2.4.1. *In Vitro* Sindirim

5'er g homojenize öğütülmüş ekmek örnekleri 50 mL' lik falkon tüplere alındı. Üzerine ağız solüsyonundan 5 mL ilave edildi. Ağız solüsyonunun örnek ile karışmasını sağlamak için vortekslendi. Sonra karışım 37 °C' de 5 dakika boyunca çalkalamalı su banyosunda inkübe edildi. Bu aşamadan sonra mide solüsyonundan 12 mL eklendi ve vorteks ile iyice karıştırıldı. Mide ortamında 37 °C' de 2 saat boyunca çalkalamalı su banyosunda inkübe edildi. Daha sonra ince bağırsak ortamı için 5 mL safra sıvısı ve ince bağırsak sıvısından 10 mL ilave edildi. Ortamın pH' ı $8,0 \pm 0,2$ olarak ayarlandı. Sonrasında 2 saat süre ile 37 °C çalkalamalı su banyosunda inkübe edildi. Karışımların hacmi tamamlandı, santrifüjlenip süzüldü. Ekmeklerin sindirim çözeltisine son oranı 32 mL' de 5 g (5 g/32 mL) idi.

In vitro sindirim tamamlandıktan sonra trikloroasetik asit ile ortam pH' ı 4,5'e ayarlandı. Son hacim 50 mL' ye deiyonize su ile tamamlandı ve 8000 rpm' de 10 dakika santrifüj edildi. İşlemler sonunda daha önce **Bölüm 2.3. B₁, B₂, B₃, B₆ Vitamin Analizi**' nde belirtildiği gibi vitamin tayini analizleri yapıldı. Biyoerişilebilirliğin hesaplanması, sindirimden sonraki vitamin miktarının ilk sindirilmemiş ekmeğin

toplam vitamin miktarına bölünmesi ve yüzde (%) olarak ifade edilmesi ile gerçekleştirildi.

2.5. Miktar Tayini ve Kalite Kontrolü

Miktar tayini HPLC' de uygun standart konsantrasyon alanına karşılık gelen pik alanı hesaplanarak yapıldı. Yöntemin doğruluğu ve performansı sertifikalı Standart Referans Materyali (SRM 1849a: Bebek/Yetişkin Beslenme Formülü) kullanılarak kontrol edildi. Ayrıca FAPAS (Food Analysis Performance Assessment Scheme, UK, 2018) tarafından düzenlenen bir yeterlilik testine katıldık. Yöntemin kalite prosedürleri ISO/IEC 17025 gerekliliklerine dayanmaktadır.

2.6. İstatiksel Analizler

Her bir çalışma üç kez tekrar edilip standart sapması hesaplandı. Gruplar arası önemli farklılıklar tek yönlü varyans analizi (ANOVA; $p < 0.05$, Tukey' s test) ile belirlendi.

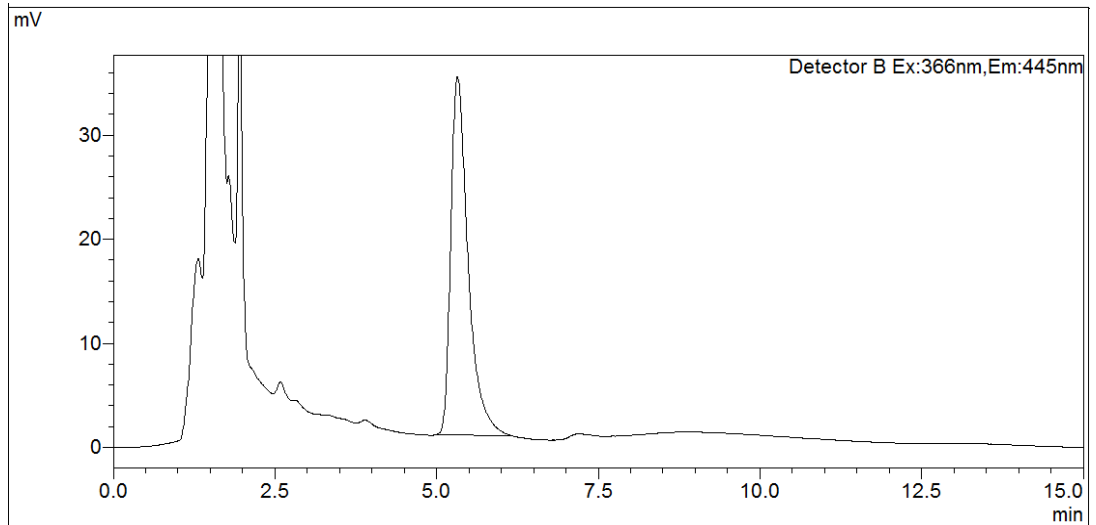
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışmada kullanılan B vitaminleri ile zenginleştirilmiş ekmekler tam buğday ekmeği olup içerikleri 2. bölümde yer alan Tablo 2.1.' de belirtilmiştir. Tam buğday ekmeklerinin başlangıç ve sindirim sonrası vitamin miktarları HPLC ile belirlenmiştir. HPLC, gıdalardaki vitaminleri tespit etmek için en uygun ve doğru analitik tekniklerden biridir. Analizin doğruluğu için her zaman kalite kontrol materyali kullanılması tavsiye edilir. Bu çalışmada B₁, B₂, B₃ ve B₆ vitaminleri için FAPAS test sonuçları kabul edilebilir aralıkta bulunmuştur ($-2 \leq Z \text{ score} \leq +2$).

3.1. B₁ Vitamini

Gıdalara B₁ vitamini ilavesi tiamin hidroklorür, tiamin mononitrat, tiamin monofosfat klorür veya tiamin pirofosfat klorür ile yapılmaktadır (TGK, 2017). Çalışmada incelenen ekmeklerin tümü tiamin ile zenginleştirilmiş ekmeklerdir. Tam buğday ekmeğindeki tiamin HPLC kromatogramı Şekil 3.1.' de gösterilmiştir.



Şekil 3.1: Tam Buğday Ekmeğinde B₁ Vitamini HPLC Kromatogramı

Tam buğday ekmeği başlangıç tiamin miktarı 1,723 mg/100 g iken sindirim sonrası 1,220 mg/100 g bulundu. Görülen azalma anlamlı bulunmamıştır. Tam buğday ekmeğinin tiamin biyoerişilebilirliği % 70,9 ile diğer ekmeklerdeki biyoerişilebilirliklere göre en düşüktür.

Ekmeklerdeki başlangıç tiamin miktarı, sindirim sonrası tiamin miktarı ve biyoerişilebilirlik değerleri Tablo 3.1.' de verilmiştir.

Tablo 3.1: Sindirim öncesi ve sonrası zenginleştirilmiş ticari tam buğday ekmeklerindeki B₁ vitamini miktarı ve *in vitro* biyoerişilebilirlik

Örnekler	B ₁ vitamini		
	Başlangıç (mg/100 g)	Sindirim sonrası (mg/100 g)	Biyoerişilebilirlik (%)
Tam buğday ekmeği	1,723±0,078 ^b	1,220±0,055 ^b	70,9±5,7
Çavdarlı ve karabuğdaylı ekmek	3,324±0,150 ^a	2,698±0,122 ^a	81,3±6,5
Çiya tohumlu tam buğday ekmeği	1,509±0,068 ^c	1,298±0,059 ^b	86,2±6,9
Kepekli ekmek	0,622±0,028 ^e	0,502±0,023 ^d	80,9±6,5
Köy ekmeği	0,742±0,034 ^{de}	0,595±0,027 ^{cd}	80,4±6,5
Çavdarlı ekmek	0,910±0,041 ^d	0,687±0,031 ^c	75,6±6,1
Light ekmek	0,935±0,042 ^d	0,676±0,031 ^c	72,4±5,8
Çok tahıllı ekmek	0,812±0,037 ^{de}	0,732±0,033 ^c	90,2±7,2

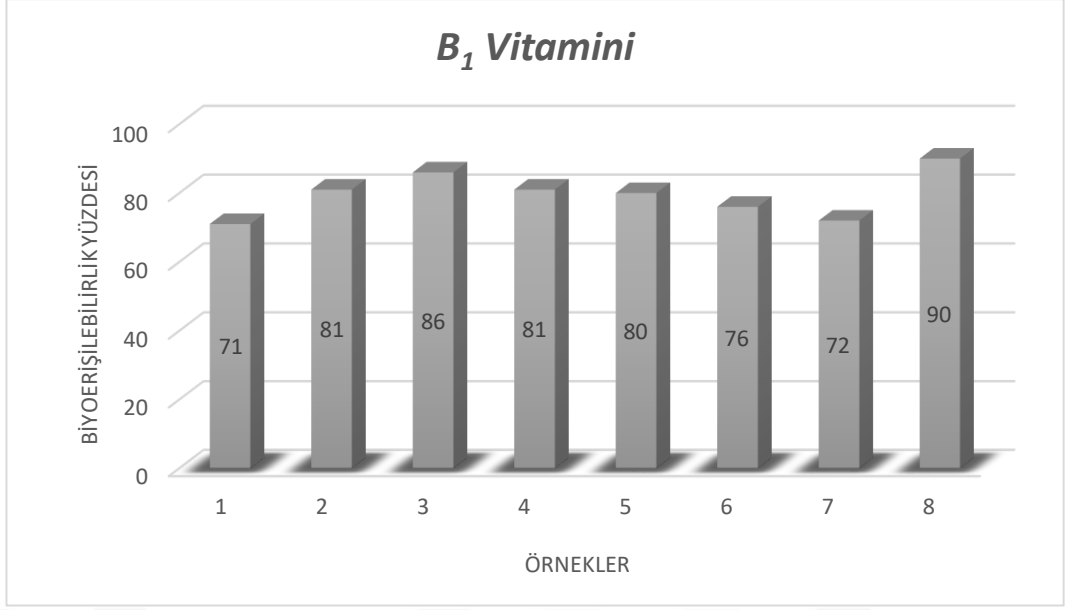
Veriler ortalama ± standart sapma (n=3) olarak ifade edildi. Aynı satırda bulunan farklı harfler uygulamalar arasında istatistiksel farklılıklar olduğunu gösterir ($p<0,05$).

Çalışmamızdaki ekmeklerin başlangıç tiamin miktarları 0,622 mg ile 3,324 mg/100 g aralığında sindirim sonrası ise 0,502 ile 2,698 mg/100 g aralığında değişmektedir. Başlangıç tiamin miktarı en yüksek çavdarlı-karabuğdaylı tam buğday ekmeğinde (3,324 mg/100 g) iken, *in vitro* sindirim sonrasında 2,698 mg/100 g ile yine en yüksek çavdarlı-karabuğdaylı ekmektedir. En düşük başlangıç ve sindirim sonrası tiamin ise kepekli ekmekte sırasıyla 0,622 mg/100 g ve 0,502 mg/100 g olarak bulunmuştur. Sindirim sonrası tüm örneklerin B₁ vitamini miktarında azalma gözlenirken, 6 örnekte anlamlı fark gözlenmiştir ($p<0,05$). Yalnızca tam buğday ekmeği ve çavdar-karabuğday içeren tam buğday ekmeğinde anlamlı bir azalma gözlenmemiştir.

Elde edilen toplam B₁ vitamini değerleri, Ulusal Gıda Kompozisyonu Veri Tabanı (TURKOMP)' nın yayınlanmış literatüründeki mevcut değerlerle karşılaştırıldı. TURKOMP' ta çalışmamızdaki örneklerle uyumlu sadece 3 çeşit ekmek (tam buğday ekmeği, kepekli ekmek ve çavdar ekmeği) verileri mevcuttur, ancak bu ekmekler zenginleştirilmiş ekmek değildir. Ulusal Gıda Kompozisyonu Veri Tabanında yer alan zenginleştirilmemiş tam buğday ekmeği, kepekli ekmek ve çavdar ekmeğindeki tiamin miktarları sırasıyla 0,148 mg, 0,204 mg ve 0,152 mg/100 g'dır (TURKOMP, 2019). Çalışmamızdaki zenginleştirilmiş ekmeklerde ise tam buğday ekmeğinin tiamin miktarı 1,723 mg/100 g iken kepekli ekmeğin başlangıç tiamin miktarı 0,622 mg/100 g olarak bulundu. Çavdarlı ekmek örneğimizde ise 0,910 mg/100 g tiamin bulundu. Çalışmamızdaki zenginleştirilmiş ekmeklerin B₁ vitamini miktarı TURKOMP ile kıyaslandığında, zenginleştirilmemiş ekmeklere göre 3-12 kat fazla olduğu görülmüştür. Amerikan Gıda Kompozisyonu Veri Tabanında bulunan bazı zenginleştirilmiş ekmeklerin B₁ vitamini içeriği 0 ile 1 mg/100 g arasında değişmektedir (USDA, 2020). Çalışmamızdaki 8 ekmeğin 5 tanesindeki B₁ vitamini sonuçları USDA' de raporlanan değerlerle uyumludur. Türk Gıda Kodeksi' nin B₁ vitamini ilavesi için maksimum izin verilen limiti bulunmamaktadır.

Çavdar ekmeklerinin buğday ekmeğinden daha iyi bir B vitamini kaynağı olduğu bilinmektedir (Martinez-Villaluenga, vd., 2009). Karabuğday taneleri de, çoğu tahıldan daha yüksek oranda B₁, B₂, B₃ ve E (tokoferol) vitamini içermektedir (Ekici, İnanır ve Albayrak, 2019). Aynı zamanda karabuğday unu, buğday ununa göre daha az karbonhidrat, daha fazla diyet lifi içermektedir. Karabuğdayın koroner kalp hastalığı riskini azaltması, kan şekeri seviyesini düşürmesi ve antioksidan olması sebebiyle sağlık açısından birçok faydası olduğu bilinmektedir (Meral ve Karaoğlu, 2019).

Sonuçlarımız karabuğday, çavdar ve tam buğday unları içeren ekmeğin tiamin miktarının diğer örneklerden fazla olduğunu göstermiştir. Çavdar ve karabuğdayın tiaminden zengin olması bu ekmekteki tiamin miktarında etkisi olabileceğini akla getirmektedir. Fakat ekmeklere ilave edilen tiamin miktarı bilinmediğinden ayrıntılı çalışmalara ihtiyaç vardır.



Şekil 3.2: Ekmeklerin B₁ Vitamini Biyoerişilebilirliği (%)

*Biyoerişilebilirlik oranı, sindirimden sonraki değer in başlangıçta elde edilen değere oranı ile belirlendi.

Çalışmamızdaki ekmeklerin B₁ vitamini biyoerişilebilirlik değerleri % 71-90 aralığında bulunmuştur. En yüksek biyoerişilebilirlik % 90,2 ile çok tahıllı ekmekte gözlenmiştir. Literatürde, durum buğdayı ve mısır kepeğinde doğal olarak bulunan B₁ vitamininin biyoerişilebilirliğinin % 75 ile 95 arasında değiştiği bildirilmiştir (Yu ve Kies, 1993; Zaupa, vd., 2014) ve çalışmamızdaki biyoerişilebilirlik sonuçlarıyla uyumludur. Bir çalışmada ekmeklerde doğal olarak bulunan (zenginleştirilmemiş) B₁ vitamini biyoerişilebilirlikleri tam buğday ekmeğinde % 73, kepekli ekmekte % 68 oranında bulunmuştur (Yaman, 2019). Çalışmamızdaki B₁ vitamini biyoerişilebilirlikleri tam buğday ekmeğinde % 70,9 iken kepekli ekmekte % 80,9 olarak saptanmıştır. Sonuçlarımız zenginleştirilmemiş ekmeğe kıyasla tam buğday ekmeğinde düşük, kepekli ekmekte ise daha yüksek bulunmuştur.

Tiaminin, karabuğday tanesindeki tiamin bağlayıcı proteinlere güçlü bir şekilde yapıştığı bilinmektedir. Bu sebeple diyetle alındığında biyoyararlılığının artacağı öne sürülmüştür (Ekici, İnanır ve Albayrak, 2019). Çalışmamızda çavdarlı ekme ve çavdarlı-karabuğdaylı ekmeğin *in vitro* biyoerişilebilirliği % 75,6 ve % 81,3 olarak bulunmuştur. Çalışmamızın sonucu bu düşüncüyü desteklemektedir. Ayrıca B₁

vitamininin stabilitesi özellikle ısıtılmalardan etkilenmektedir (Eitenmiller, Ye ve Landen, 2008). *In vitro* ortamın sıcaklığı 37 °C olduğundan, B₁ vitamininin biyolojik olarak erişilebilirliğinin etkilendiği düşünölmektedir.

3.2. B₂ vitamini

Gıdalara eklenebilecek B₂ vitamini; riboflavin ve riboflavin 5-fosfat-sodyumdur (TGK, 2017). Ekmeklerin yalnızca bir tanesi riboflavinle zenginleştirilmemiştir (tam buğday ekmeği). Ekmeklerdeki başlangıç riboflavin miktarı, sindirim sonrası riboflavin miktarı ve biyoerişilebilirlik değeri Tablo 3.2.' de verilmiştir.

Tablo 3.2: Sindirim öncesi ve sonrası zenginleştirilmiş ticari tam buğday ekmeklerindeki B₂ vitamini miktarı ve *in vitro* biyoerişilebilirlik

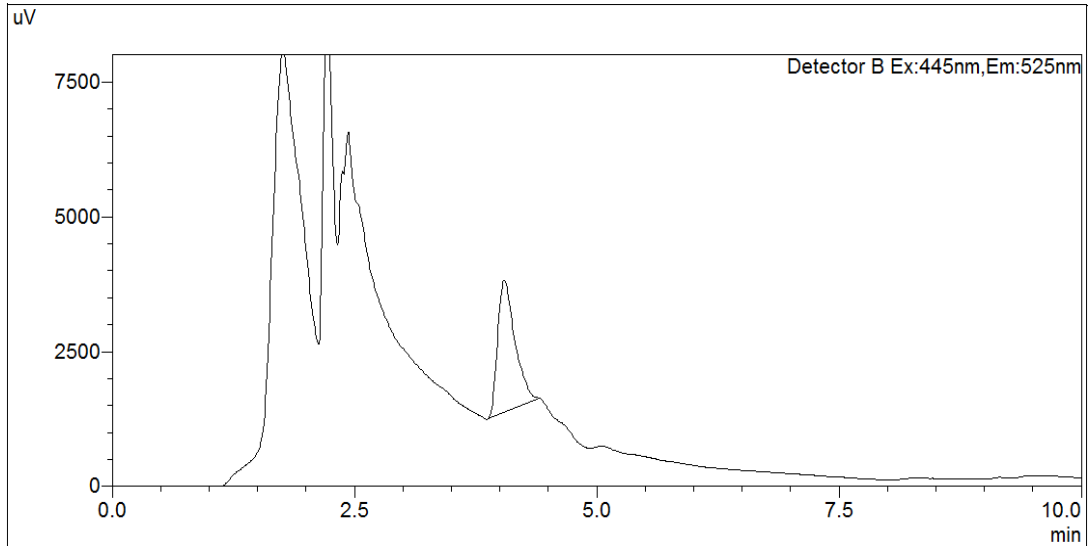
Örnekler	B ₂ vitamini		
	Başlangıç (mg/100 g)	Sindirim sonrası (mg/100 g)	Biyoerişilebilirlik (%)
Tam buğday ekmeği*	0,370±0,017 ^c	0,331±0,015 ^c	89,7±7,2
Çavdarlı ve karabuğdaylı ekmeğ	1,927±0,087 ^a	1,261±0,057 ^a	65,6±5,3
Çiya tohumlu tam buğday ekmeği	1,534±0,069 ^b	0,929±0,042 ^b	60,7±4,9
Kepekli ekmeğ	0,418±0,019 ^c	0,249±0,011 ^d	59,8±4,8
Köy ekmeği	0,369±0,017 ^c	0,246±0,011 ^d	66,9±5,4
Çavdarlı ekmeğ	0,435±0,020 ^c	0,235±0,011 ^d	54,2±4,4
Light ekmeğ	0,428±0,019 ^c	0,244±0,011 ^d	57,2±4,6
Çok tahıllı ekmeğ	0,474±0,021 ^c	0,278±0,013 ^{cd}	58,7±4,7

Veriler ortalama ± standart sapma (n=3) olarak ifade edildi. Aynı satırda bulunan farklı harfler uygulamalar arasında istatistiksel farklılıklar olduğunu gösterir ($p<0,05$). *B₂ vitamini ile zenginleştirilmemiştir.

Çalışmamızdaki örneklerin başlangıç riboflavin miktarları 0,369 mg ile 1,927 mg/100 g arasında bulunurken, sindirim sonrası 0,235 mg ile 1,261 mg/100 g arasında değişmektedir. Başlangıçta riboflavin miktarı en yüksek çavdarlı-karabuğdaylı tam

buğday ekmeğindeyken, en düşük ise köy ekmeğinde bulunmuştur. Sindirim sonrasında ise, en yüksek riboflavin miktarı yine çavdarlı-karabuğdaylı ekmektedir ancak en düşük miktar çavdarlı ekmekte bulunmuştur.

TURKOMP' ta bulunan zenginleştirilmemiş ekmeklerde; riboflavin miktarı tam buğday ekmeğinde 0,060 mg/100 g iken çavdar ekmeğinde 0,053 mg/100 g, kepekli ekmekte ise 0,075 mg/100 g şeklindedir. Çalışmamızdaki kepekli ve light ekmekte 0,418 - 0,428 mg/100 g civarında B₂ vitamini bulundu. Çalışmamızın sonuçları TURKOMP verileri ile kıyaslandığında, örneklerimizin 6-8 kat daha fazla B₂ vitamini içerdiği gözlenmiştir. B₂ vitamini miktarları sindirimden sonra tüm numunelerde azalmış, ancak 5 adet örnekte anlamlı fark gözlenmiştir ($p<0,05$). Üç ekmekte ise anlamlı bir azalma gözlenmemiştir. Toplam B₂ vitamini içeriği, Amerikan Gıda Kompozisyonu Veri Tabanı' ndaki bazı zenginleştirilmiş ekmeklerde 0,1-0,7 mg/100 g arasında değişmektedir (USDA, 2020). Ölçülen B₂ vitamini sonuçlarımız, iki örnek dışındakiler USDA verileriyle tutarlıdır. Türk Gıda Kodeksi' nde B₂ vitamini ilavesi için maksimum limit belirtilmemiştir. Çavdarlı ekmeğin B₂ vitamini HPLC kromatogramı Şekil 3.3.' te verilmiştir.

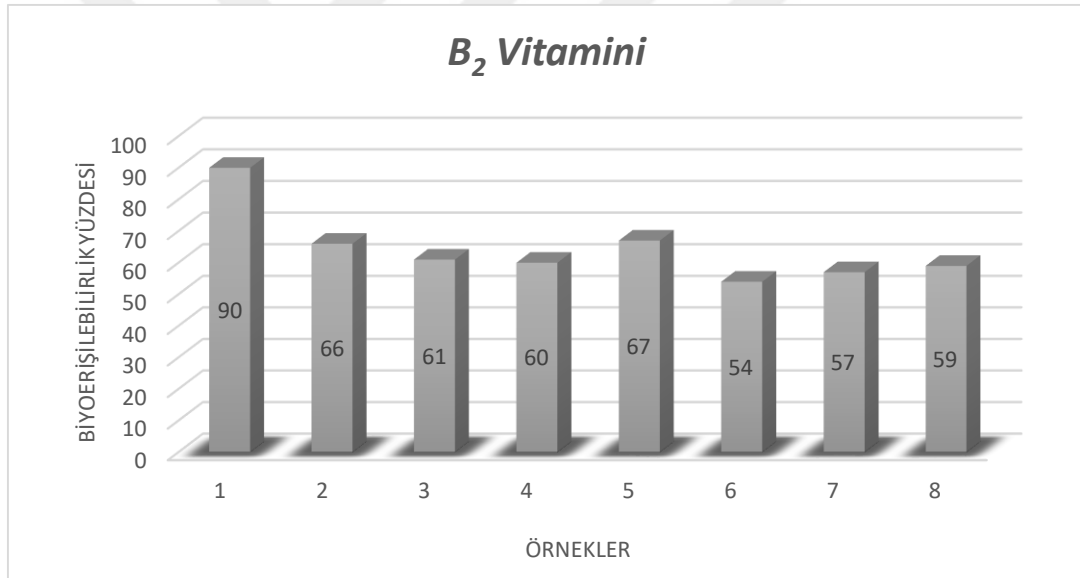


Şekil 3.3: Çavdarlı Ekmeğin B₂ Vitamini HPLC Kromatogramı

Ekmekler üzerine yapılan bir araştırmada, B₂ seviyelerinin ekmek yapımında tam ve beyaz ekmeklerde önemli ölçüde arttığı ve bunun da maya ile fermentasyondan kaynaklandığı belirtilmektedir (Khalil ve Shewry, 2009). Batifoulier, vd. (2005)' nin

yaptığı çalışmada, tam buğday ekmeğinde maya veya ekşi maya ile fermentasyon süresi uzatıldığında riboflavin miktarında % 30 artış gözlenmiştir (Batifoulier, vd., 2005). Çalışmamızdaki ekmeklerin başlangıç riboflavin miktarı incelendiğinde tam buğday ekmeğinde riboflavin ile zenginleştirme bulunmadığı halde zenginleştirilmiş köy ekmeği ile aynı miktarda riboflavin içerdiği gözlenmiştir. Zenginleştirilmeyen ekmek içerisindeki ekşi mayanın ve fermentasyon süresinin bu miktarı etkileyebileceği düşünülmüştür.

Tam çavdar unundan üretilen fırın ürünlerinin diyet lifi, vitamin, mineral ve farklı biyolojik aktif bileşenler için iyi bir kaynak olduğu bilinmektedir. Bir çalışmada buğday ekmeği riboflavin miktarı 45 µg/100 g iken çavdar ekmeğinde 147 µg/100 g bulunmuştur. Çavdar ekmeklerinin buğday ekmeğine göre daha fazla riboflavin içerdiği sonucuna varılmıştır (Martinez-Villaluenga, vd., 2009).



Şekil 3.4: Ekmeklerin B₂ Vitamini Biyoerişilebilirliği (%)

*Biyoerişilebilirlik oranı, sindirimden sonraki değerin başlangıçta elde edilen değere oranı ile belirlendi.

Şekil.3.4' teki grafikte görüldüğü üzere ekmeklerin riboflavin biyoerişilebilirlikleri oldukça düşüktür. Çalışmamızdaki ekmeklerin B₂ vitamini biyoerişilebilirliği % 54,2 ile % 89,7 aralığındadır. Yaman (2019) çalışmasındaki zenginleştirilmemiş ekmeklerin riboflavin biyoerişilebilirlik değerleri ise % 56 ile % 75 arasındadır. Sonuçlarımız bu çalışmayla benzerlik göstermiştir. B₂ vitamini, pH 2-5 aralığında

maksimum stabiliteye sahiptir (Eitenmiller, vd., 2008). Çalışmamızdaki ince bağırsak ortamında pH 7 olduğundan, biyoerişilebilirliğin düşük olduğu düşünülmektedir.

Yaman (2019) yaptığı çalışmada B₂ vitaminin biyoerişilebilirliğini tam buğday ekmeğinde % 66, kepekli ekmekte ise % 70 bulmuştur. Çalışmamızda tam buğday ekmeğinin doğal olarak bulundurduğu B₂ vitamini % 89,7 ile en yüksek biyoerişilebilirliğe sahiptir ve Yaman (2019)' un sonuçlarından daha yüksektir. İlave olmadan riboflavin biyoerişilebilirliğinin daha yüksek bulunmasında ekşi mayanın etkili olabileceği düşünülmektedir.

3.3. B₃ vitamini

Gıdalara B₃ vitamini ilavesinde kullanılacak ürünler nikotinamid, nikotinic asit ve inositol heksaniasinat (TGK, 2017). Ancak, gıda zenginleştirmede yaygın olarak eklenen ticari formu nikotinamiddir. Bu nedenle çalışmada B₃ vitamininin nikotinamid formu incelenmiştir. Çalışmada incelenen ekmeklerden; kepekli ekmek, köy ekmeği, light ekmek ve çok tahıllı ekmek B₃ vitamini ile zenginleştirilmemiş örneklerdir. Ekmeklerdeki başlangıç ve sindirim sonrası B₃ vitamini miktarları ve biyoerişilebilirlik değerleri Tablo 3.3' de verilmiştir.

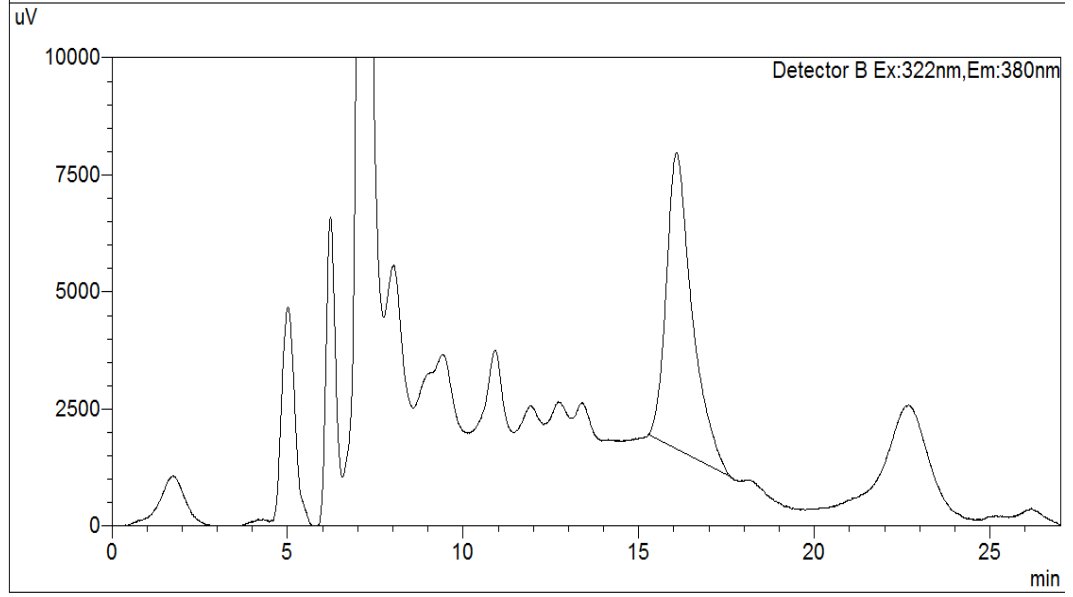
Tablo 3.3: Sindirim öncesi ve sonrası zenginleştirilmiş ticari tam buğday ekmeklerindeki B₃ vitamini (nikotinamid) miktarı ve *in vitro* biyoerişilebilirlik

Örnekler	B ₃ vitamini (nikotinamid)		
	Başlangıç (mg/100 g)	Sindirim sonrası (mg/100 g)	Biyoerişilebilirlik (%)
Tam buğday ekmeği	1,386±0,063 ^{def}	1,200±0,054 ^{cd}	86,7±7,0
Çavdarlı ve karabuğdaylı ekmekek	9,122±0,413 ^a	7,657±0,346 ^a	84,1±6,8
Çiya tohumlu tam buğday ekmeği	7,055±0,319 ^b	6,077±0,275 ^b	86,3±6,9
Kepekli ekmekek*	1,729±0,078 ^{de}	1,413±0,064 ^{cd}	81,9±6,6
Köy ekmeği*	1,025±0,046 ^f	0,971±0,044 ^d	94,9±7,6
Çavdarlı ekmekek	1,218±0,055 ^{ef}	1,123±0,051 ^{cd}	92,4±7,4
Light ekmekek*	1,875±0,085 ^d	1,229±0,056 ^{cd}	65,7±5,3
Çok tahıllı ekmekek*	3,471±0,157 ^c	1,457±0,066 ^c	42,1±3,4

Veriler ortalama ± standart sapma (n=3) olarak ifade edildi. Aynı satırda bulunan farklı harfler uygulamalar arasında istatistiksel farklılıklar olduğunu gösterir ($p<0,05$). *B₃ vitamini zenginleştirilmesi yapılmamıştır.

Örneklerde nikotinamid miktarları başlangıçta 1,025 ile 9,122 mg/100 g ve sindirimden sonra 0,971 ile 7,657 mg/100 g arasında değişmektedir. Başlangıçta en yüksek nikotinamid 9,122 mg/100 g ile çavdarlı-karabuğdaylı ekmekte bulunurken, en düşük nikotinamid 1,025 mg/100 g ile köy ekmeğinde (zenginleştirilmemiş) idi. Aynı şekilde sindirim sonrası en yüksek nikotinamid çavdarlı-karabuğdaylı ekmekte iken en düşük miktar yine köy ekmeğindedir. Sindirimden sonra tüm zenginleştirilmiş ekmekek örneklerinde biyolojik olarak erişilebilen nikotinamid miktarları azalmasına rağmen, 5 örnekteki farkın anlamlı olduğu gözlenmiştir ($p<0,05$). Üç ekmekte, başlangıç değerine göre anlamlı bir fark gözlenmemiştir.

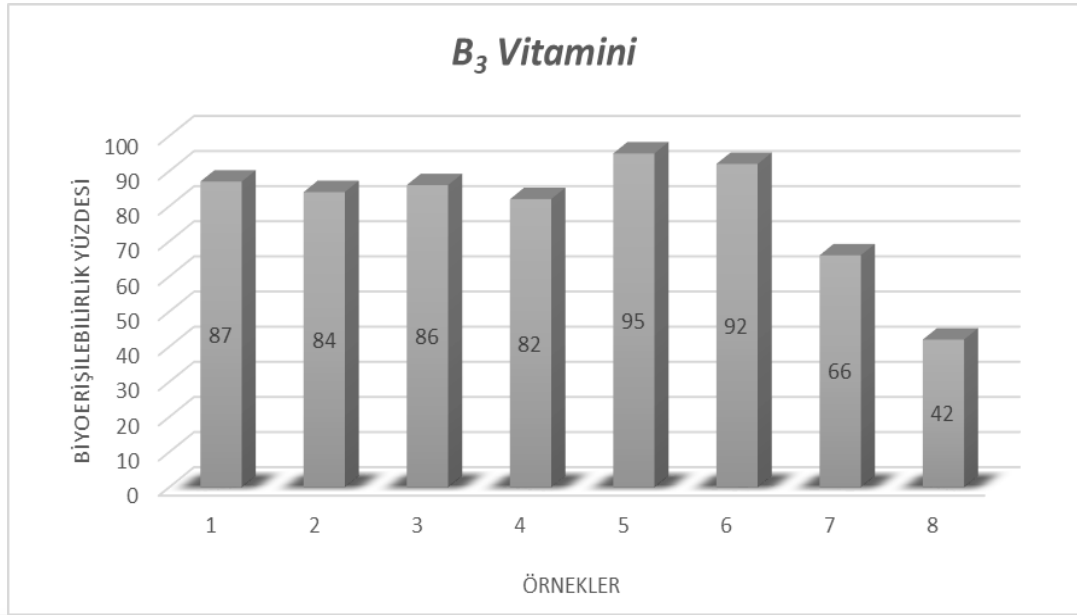
Şekil.3.5.' te çiya tohumlu tam buğday ekmeğinin B₃ vitamini (nikotinamid) HPLC kromatogramı verilmiştir.



Şekil 3.5: Çiya Tohumlu Ekmeğin B₃ Vitamini (nikotinamid) HPLC Kromatogramı

Tahılların B₃ vitamini bakımından zengin olduğu bilinmektedir. Çatak (2019) çalışmasında buğday ve çavdardaki toplam B₃ vitamini içeriğinin sırasıyla 5,483 mg/100 g ve 4,168 mg/100 g olduğunu bildirmiştir (Çatak, 2019b). Çalışmamızdaki ekmeklerin başlangıçtaki vitamin içerikleri arasındaki farklılık, gıda zenginleştirmede standart bir uygulama olmadığı ve kullanılan vitamin miktarlarının farklı olabileceği nedeninden kaynaklanabilir.

Türk Gıda Kodeksine göre, gıdalara eklenen B₃ vitamini için izin verilen maksimum günlük limit 4-10 yaş için 250 mg/gün ve 11 yaş ve üstü için 500 mg/gün' dür. B₃ vitamini miktarı tüm ekmeklerde maksimum sınırın altındadır ve Türk Gıda Kodeksine uygundur (TGK, 2017).



Şekil 3.6: Ekmeklerin B₃ Vitamini (nikotinamid) Biyoerişilebilirliği (%)

*Biyoerişilebilirlik oranı, sindirimden sonraki değerin başlangıçta elde edilen değere oranı ile belirlendi.

Çalışmamızdaki ekmeklerin B₃ vitamini (nikotinamid) biyoerişilebilirlik değerleri % 42,1 ile % 94,9 arasında değişmektedir. Grafikte verilen 4, 5, 7 ve 8. örnekler, içerisinde doğal olarak bulunan nikotinamidin biyoerişilebilirlik değerleridir. Zenginleştirilmiş ekmeklerin nikotinamid biyoerişilebilirlik değerleri ilavesiz olanlardan genel olarak daha fazladır. En yüksek B₃ vitamini biyoerişilebilirliği köy ekmeğinde (% 94,9), en düşük ise çok tahıllı ekmekte (% 42,1) bulunmuştur. Her iki örnekte de B₃ vitamini ilavesi bulunmaması dikkat çekmektedir.

Çatak (2019) çalışmasında bazı bitkisel gıdaların profillerini araştırmış (ekmeklik buğday, makarnalık buğday, çavdar, yulaf) ve tahılların yüksek miktarda nikotinic asit içerdiği halde nikotinamid içermediğini bildirmiştir (Çatak, 2019b). Nikotinic asit formunun ve nikotinamid formunun biyoyararlılığı ve biyoerişilebilirliği aynı değildir. Nikotinamid, nikotinic asite göre çok daha yüksek biyoerişilebilirlikte dir. Çünkü nikotinic asit kimyasal olarak polipeptitlere ve polisakaritlere bağlıdır. Bu nedenle, nikotinic asidin neredeyse yarısı erişilebilir değildir (Ball, 2006). Örneklerimiz arasında, B₃ vitamini ile zenginleştirilmemiş olan çok tahıllı ekmeğin biyoerişilebilirliği beklendiği gibi oldukça düşüktür (% 42,1). Beklenildiği gibi B₃ vitamini ile takviye edilmemiş olan 4 adet örneğin 3'ünde biyoerişilebilirlik düşük

bulunurken, sadece 1 örnekte (köy ekmeği) dikkate değer derecede yüksek bulunmuştur. Diyet lifinin biyoerişilebilirliğe etkisinin incelendiği bir çalışmada niasin biyoerişilebilirliğinin önemli ölçüde etkilendiği gözlemlenmiştir ($p<0,01$) (Kurek, vd., 2017). Çalışmamızdaki, niasin ile zenginleştirilmiş ekmeklerin, niasin eklenmemiş bir ekmek olan köy ekmeğinden daha düşük biyoerişilebilirlikte olmasının, bu ekmeklerin diyet lifinden zengin olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Ayrıca gıda zenginleştirmede sıklıkla suda çözünürlüğü yüksek olduğu için serbest nikotinamid kullanılır. Çalışmamızdaki zenginleştirilmiş ekmeklerde diğerlerine kıyasla biyoerişilebilirliğin buna bağlı olarak yüksek çıktığı düşünülmektedir.

3.4. B₆ vitamini

Gıdalara B₆ vitamini ilavesinde kullanılabilecek formlar piridoksin hidroklorür, piridoksin 5'-fosfat, piridoksal 5'-fosfat' tır (TGK, 2017). Gıdaların zenginleştirilmesinde yaygın olarak eklenen ticari form piridoksin olduğundan, çalışmada B₆ vitamini analizinde piridoksin formu incelenmiştir. Örneklerden yalnızca birinde (tam buğday ekmeği) B₆ vitamini ile zenginleştirme bulunmamaktadır. Ekmeklerdeki başlangıç B₆ vitamini miktarı, sindirim sonrası B₆ vitamini miktarı ve biyoerişilebilirlik değerleri Tablo 3.4.' te verilmiştir.

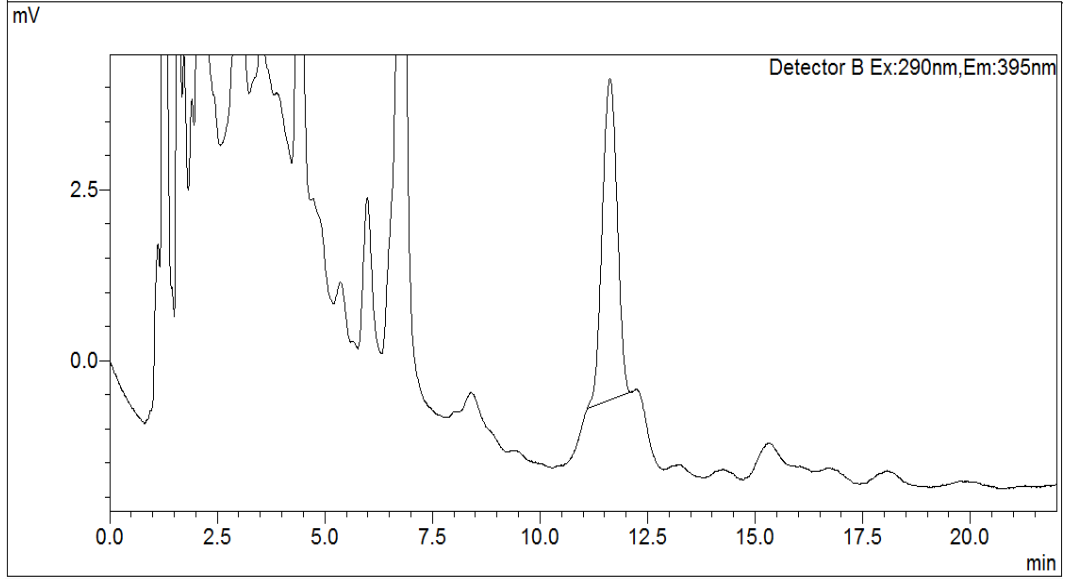
Tablo 3.4: Sindirim öncesi ve sonrası zenginleştirilmiş ticari tam buğday ekmeklerindeki B₆ vitamini (piridoksin) miktarı ve *in vitro* biyoerişilebilirlik

Örnekler	B ₆ vitamini (piridoksin)		
	Başlangıç (mg/100 g)	Sindirim sonrası (mg/100 g)	Biyoerişilebilirlik (%)
Tam buğday ekmeği*	0,989±0,045 ^c	0,527±0,024 ^c	53,4±4,3
Çavdarlı ve karabuğdaylı ekmekek	2,470±0,112 ^a	1,725±0,078 ^a	70,0±5,6
Çiya tohumlu tam buğday ekmeği	1,837±0,083 ^b	1,029±0,047 ^b	56,1±4,5
Kepekli ekmekek	0,143±0,006 ^{ef}	0,063±0,003 ^e	44,1±3,5
Köy ekmeği	0,246±0,011 ^{de}	0,126±0,006 ^e	51,1±4,1
Çavdarlı ekmekek	0,065±0,003 ^f	0,060±0,003 ^e	92,5±7,4
Light ekmekek	0,316±0,014 ^d	0,259±0,012 ^d	82,2±6,6
Çok tahıllı ekmekek	0,139±0,006 ^{ef}	0,084±0,004 ^e	60,6±4,9

Veriler ortalama ± standart sapma (n=3) olarak ifade edildi. Aynı satırda bulunan farklı harfler uygulamalar arasında istatistiksel farklılıklar olduğunu gösterir ($p<0,05$). *B₆ vitamini ile zenginleştirilmemiştir.

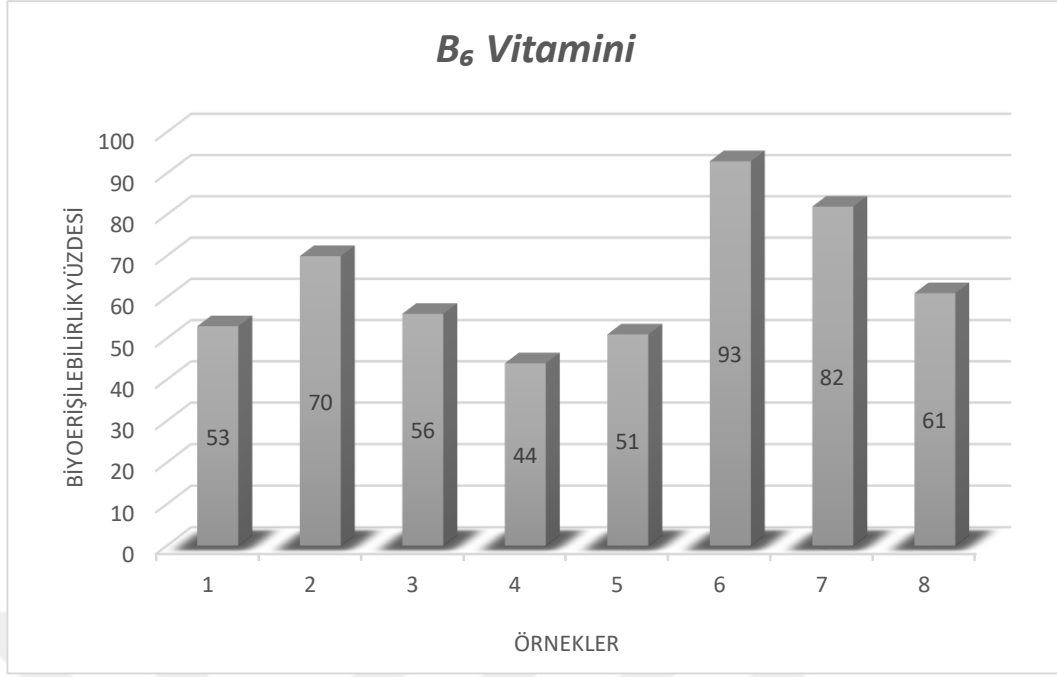
Ölçülen piridoksin miktarları başlangıçta 0,065 ile 2,470 mg/100 g aralığında, sindirim sonrası ise 0,060 ila 1,725 mg/100 g aralığında değişmektedir. Başlangıçtaki piridoksin miktarı en fazla 2,470 mg/100 g ile çavdarlı-karabuğdaylı ekmekte bulunurken, en düşük miktar 0,065 mg/100 g ile çavdar ekmeğindeydi. Sindirim sonrasında da en yüksek ve en düşük değerde olan ekmekler yine aynıydı. Örnekler arasında sadece tam buğday ekmeği B₆ vitamini ile takviye edilmemiştir. Sindirimden sonra tüm örneklerde piridoksin miktarları azalmasına rağmen, 4 örnekte anlamlı bir fark gözlenmiştir ($p<0,05$). Diğer dört örnekte başlangıç değerine göre anlamlı bir azalma gözlenmemiştir.

Şekil.3.7.' de çavdarlı ve karabuğdaylı ekmekte bulunan B₆ vitamini (piridoksin) HPLC kromatogramı verilmiştir.



Şekil 3.7: Çavdarlı-karabuğdaylı Ekmeğin B₆ Vitamini (piridoksin) HPLC Kromatogramı

TURKOMP verilerine göre (zenginleştirilmemiş ekmeklerde) B₆ vitamini tam buğday ekmeğinde 0,061 mg/100 g, çavdar ekmeğinde 0,036 mg/100 g ve kepekli ekmekte 0,061 mg/100 g' dır (TURKOMP, 2019). Çalışmamızdaki tam buğday ekmeği, kepekli tam buğday ekmeği ve çavdar ekmeği B₆ vitamini miktarları TURKOMP' a kıyasla daha fazlaydı. Türk Gıda Kodeksi tarafından gıdalara eklenen B₆ vitamini için izin verilen üst limit 4-10 yaş için 5 mg/gün ve 11 yaş ve üstü için 10 mg/gün olarak belirlenmiştir. Tüm ekmekler maksimum limitin altındadır ve Türk Gıda Kodeksine uygundur (TGK, 2017).



Şekil 3.8: Ekmeklerin B₆ Vitamini (piridoksin) Biyoerişilebilirliği (%)

*Biyoerişilebilirlik oranı, sindirimden sonraki değerin başlangıçta elde edilen değere oranı ile belirlendi.

B₆ vitamini için biyoerişilebilirlik değerleri % 44,1 ve % 92,5 aralığında bulundu. En düşük biyoerişilebilirlik kepekli ekmekte iken en yüksek değer çavdarlı tam buğday ekmeğinde bulundu. B₆ vitamini kovalent olmayan bağlarla proteinlere bağlıdır ve B₆ vitamininin salınımı pH değerine bağlıdır (Ball, 2006). Asidik koşullarda, B₆ vitamininin tüm vitamerleri stabildir (Eitenmiller, Ye ve Landen, 2008). B₆ vitamininin stabilitesi, pH seviyesi nötr koşulların üzerindeki aşamalara yükseldikçe azalmaktadır. Daha yüksek pH (ince bağırsak, pH 8) seviyelerinde, B₆ vitamininin stabilitesi daha düşüktür ve bu da düşük biyoerişilebilirliğe neden olur. Bu nedenle erişilebilir miktar, mide asiditesi ve ince bağırsak asiditesi ile ilişkili olarak değişebilir ve biyoerişilebilirlik büyük olasılıkla etkilenir.

PN' nin pH, sıcaklık ve pişirme süresi gibi faktörlerden etkilendiği bilinmektedir (Batifoulier, vd., 2005). Sonuçlarımız, çavdarlı ekmeğin hariç ekmeklerin B₆ vitamini biyoerişilebilirliğinin düşük olduğunu göstermiştir.

Sauberlich (1985) çalışmasında, tahıl bazlı gıdalarda doğal olarak bulunan B₆ vitamininin gıda işleme sırasında % 75 ila 90 arasında kaybolduğunu bildirmiştir (Sauberlich, 1985). Ekmekler sentetik PN.HCl formuna ek olarak, tahıllarda doğal

olarak bulunan PN formunu da içermektedir. PN formu, PL ve PM formlarından daha stabildir ve uygulanan işlemlerden daha az etkilenir.

Hayvansal kaynaklı gıdalar yüksek miktarlarda PLP formu içerirken, bitkisel gıdalar yüksek miktarlarda PNG formu içerir. PNG (PN-glukozit) meyvelerde, sebzelerde ve tahıllarda doğal olarak bulunan B₆ vitamenerinden biridir (Etcheverry, Grusak ve Fleige, 2012). PNG formunun biyoyararlılığı PLP formuna kıyasla çok daha düşüktür (Gregory, vd. 1991). Gregory, vd. (1991) PL formunun biyoyararlılığının PN formuna kıyasla % 50 daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Bitkisel kaynaklı gıdalarda PNG, konjuge bağlarla şekerlere bağlı bulunmaktadır. Aynı zamanda PNG, B₂ vitamininin biyoaktif formu olan FAD' a kovalent olarak bağlıdır (Ball, 2006). Bu nedenle, B₆ vitamininin biyoerişilebilirliğinin düşük olabileceği tahmin edilmektedir.

Tablo 3.5: Zenginleştirilmiş ticari tam buğday ekmeklerinde beyan edilen ve ölçülen B₁ ve B₂ vitamin miktarları

Örnek No	Vitamin B ₁			Vitamin B ₂		
	Beyan edilen (mg/100 g)	Ölçülen (mg/100 g)	% beyan edilen	Beyan edilen (mg/100 g)	Ölçülen (mg/100 g)	% beyan edilen
1	0,32	1,723±0,078	538	nd	0,370±0,017	nc
2	0,4	3,324±0,150	831	0,4	1,927±0,087	482
3	0,4	1,509±0,068	377	0,5	1,534±0,069	307
4	nd	0,622±0,028	Nc	nd	0,418±0,019	nc
5	nd	0,742±0,034	Nc	nd	0,369±0,017	nc
6	nd	0,910±0,041	Nc	nd	0,435±0,020	nc
7	nd	0,935±0,042	Nc	nd	0,428±0,019	nc
8	nd	0,812±0,037	Nc	nd	0,474±0,02	nc

nd: beyan edilmedi, nc: hesaplanmadı

Tablo 3.6: Zenginleştirilmiş ticari tam buğday ekmeklerinde beyan edilen ve ölçülen B₃ ve B₆ vitamin miktarları

Örnek No	Vitamin B ₃			Vitamin B ₆		
	Beyan edilen (mg/100 g)	Ölçülen (mg/100 g)	% beyan edilen	Beyan edilen (mg/100 g)	Ölçülen (mg/100 g)	% beyan edilen
1	2,39	1,386±0,063	58	nd	0,989±0,045	Nc
2	5,8	9,122±0,413	157	0,5	2,470±0,112	494
3	4,4	7,055±0,319	160	0,5	1,837±0,083	367
4	nd	1,729±0,078	nc	nd	0,143±0,006	Nc
5	nd	1,025±0,046	nc	nd	0,246±0,011	Nc
6	nd	1,218±0,055	nc	nd	0,065±0,003	Nc
7	nd	1,875±0,085	nc	nd	0,316±0,014	Nc
8	nd	3,471±0,157	nc	nd	0,139±0,006	Nc

nd: beyan edilmedi, nc: hesaplanmadı

Vitamin miktarları sadece 3 örnekte etikette beyan edilmiştir. Ekmeklerin geri kalanı B₁, B₂, B₃ ve B₆ vitaminleri ile takviye edilmiş olmasına rağmen, vitaminlerin miktarları etiketlerinde belirtilmemiştir, bu bilgi sadece içerik bölümüne dahil edilmiştir. Zenginleştirilmiş ticari tam buğday ekmeklerindeki B₁, B₂, B₃ ve B₆ vitaminlerinin ölçülen ve beyan edilen miktarları Tablo 3.5 ve Tablo 3.6' da gösterilmiştir. Örneğin, ölçülen B₁ vitamini miktarı örneklerde 0,622 ile 3,324 mg/100 g arasında değişmiştir. Etiketlerdeki beyan edilen B₁ vitamini miktarı ise 0,32 ile 0,4 mg/100 g arasında değişmektedir. Ölçülen B₁ vitamini miktarları, tam buğday ekmeği etiketlerinde listelenen miktarın % 377 ile % 831'i arasındaki oranlarda değişmektedir. Etiketdeki beyanlarla karşılaştırıldığında, zenginleştirilmiş ticari tam buğday ekmeklerinin sadece bir örnek dışında (B₃ vitamini için 1. örnekte) beyan edilen miktarlara kıyasla çok daha yüksek seviyelerde B₁, B₂, B₃ ve B₆ vitaminleri içerdiği görülmektedir. Ölçülen vitamin miktarlarının, etikette beyan edilen değerlerden daha yüksek bulunmasının nedeninin, etiket bilgisinde sadece eklenen vitamin formunun hesaplanmış ve beyan edilmiş olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Kurek, vd. (2017) yaptığı çalışmada biyoerişilebilirlik değeri en yüksek B₁ vitamininde, en düşük ise B₂ ve B₆ vitaminlerinde gözlenmiştir. Takviye edilmiş buğday ekmeklerde B₁, B₂, B₃ ve B₆ vitaminlerinin biyoerişilebilirliği sırasıyla % 69,1-91,2, % 40,9-50,2, % 60,2-70,2 ve % 27,52-34,01 olduğu belirtilmiştir. Kurek, vd. (2017)' nin sonuçları çalışmamızdaki B₁, B₂, B₃ ve B₆ vitaminlerinin biyoerişilebilirliğindeki azalma ile benzerdir. Çalışmamızda ekmekler incelendiğinde farklı ekmek çeşitlerindeki *in vitro* biyoerişilebilirlik değerleri B₁ vitamini için % 71-90, B₂ vitamini için % 54-90, B₃ vitamini için % 42-95 ve son olarak B₆ vitamini için % 44-93 değerleri arasında değişmektedir. Biyoerişilebilirlik değerleri karşılaştırıldığında B₁ vitamininde diğer vitaminlere göre daha yüksek seviyelerdedir.

Diyet lifindeki hidroksil grupları B vitaminleri ile reaksiyona girerek vitaminlerin biyoerişilebilirliğini azaltabilir. Ekmekler belirli bir miktarda diyet lifi içerir. Özellikle kepekli ekmek, kepekli tam buğday ekmeği ve yulaf ekmeğinde yüksek miktarda diyet lifi bulunur (Kurek, vd., 2017). Kurek vd. (2017), ekmeklere diyet lifi eklenmesinin B₆ vitamininin biyoerişilebilirliğini % 27 ile % 34 aralığındaki oranlarda azalttığını belirtmiştir. Örneklerimizde, beyan edilen diyet lifi miktarları ekmeklerde 6,5 ile 13,48 g/100 g arasında değişmektedir (Tablo 2.1). Sonuçlarımıza göre, diyet lifi miktarı arttıkça, vitaminlerdeki biyoerişilebilirliğin daha düşük olduğu bulunmuştur. Diyet lifi miktarı arttıkça, B₂ ve B₃ vitaminlerindeki biyoerişilebilirlikler tüm örneklerde düşüktü. Çok tahıllı ekmek yüksek miktarda diyet lif içermesine rağmen, B₁ vitamini biyoerişilebilirliği beklenenden daha yüksekti. Benzer bir bulgu, B₆ vitamini için light ekmek ve çiya tohumlu tam buğday ekmeğinde de gözlenmiştir. Bu durumun, eklenen vitamin miktarındaki değişikliklerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmanın sonuçları ABD Tarım Bakanlığı Gıda Veri Tabanı ile karşılaştırılmıştır. USDA verilerinde; B₁, B₂ ve B₃ vitaminleri ile takviye edilmiş çok tahıllı tam buğday ekmeğinde toplam miktarlar sırasıyla 1, 0,327 ve 5,769 mg/100 g 'dır. Çalışmamızda B₁ ve B₂ vitaminleri ile takviye edilmiş olan çok tahıllı ekmek örneğinde, B₁ ve B₃ vitaminlerinin miktarı USDA verilerinden düşük bulunurken (0,812 ve 3,471 mg/100 g), B₂ vitamini içeriği daha yüksek (0,474 mg / 100 g) bulunmuştur (USDA, 2020). Ayrıca, çavdarlı-karabuğdaylı ekmek ile çiya tohumlu tam buğday ekmeğinde, incelenen tüm vitaminlerin daha yüksek miktarlarda bulunması dikkat çekmektedir.

Bu durumun karabuğday ve çiya tohumlarının içeriğinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

B₁, B₂ ve B₆ vitaminleri serbest veya fosforile formlardadır ve ayrıca gıdalardaki proteinlere non-kovalent bağlarla bağlı olabilir (Ball, 2004; Ball, 2006). Besinler mideye ulaştığında, pepsin enzimi ile proteinler parçalanır. Pepsin enzimi pH 2' nin altında aktiftir. Düşük gastrik pH' ta proteinlerin parçalanması daha yüksek olduğundan proteinlerden daha fazla B₁ ve B₂ vitamini salınır. Bu nedenle, mide pH' ının düşmesiyle biyoerişilebilirliğin artacağı tahmin edilmektedir. *İn vitro* gastrointestinal sistemdeki alkali ortamda proteinlerin denatürasyonu daha az olabilir (Arkbage, vd., 2003). Bu durum, bu vitamin formlarının daha az serbest hale geçmesine neden olur ve sonuçta biyoerişilebilirliğin düşmesine yol açar.

Dünya nüfusunun yaklaşık 1/3' ünü etkileyen mikro besin eksikliği, Türkiye' deki çeşitli risk grupları için en önemli beslenme temelli sağlık sorunlarından biridir (Pekcan, vd., 2006). Gıda zenginleştirme programları, bazı gelişmiş ülkelerde temel besinleri belirli besinlerle güçlendirerek beslenme yetersizliği problemini çözmüştür (FAO, 1996). Gıda zenginleştirme çalışmalarının temel amacı, yaygın olarak tüketilen gıdaları belirli populasyon grupları veya tüm populasyon için eksik besinler ile güçlendirmektir. Gıda maddelerinin duyuşal özellikleri takviye ile değiştirilmemelidir (Liberato ve Pinheiro-Sant'Ana, 2006). Pek çok ülkede gıda takviye programları için zenginleştirilmiş ekmek tercih edilir, çünkü ekmek nüfusun tüm yaşlarında yaygın olarak tüketilen bir besindir. Ayrıca, ekmeğın zenginleştirilmesi diğer gıdalara kıyasla standartlaştırma bakımından daha pratik bir uygulamaya sahiptir (Czeizel ve Merhala, 1998; Hertrampf, vd., 2003). Sağlıklı bireyler üzerinde yapılan bir çalışmada, vitamin ve minerallerle zenginleştirilmiş ekmek tüketimi bireylerin kan B₁, B₂, B₆, B₁₂ ve C vitamini ve mineral düzeylerinde anlamlı derecede artış gözlenmiştir ($p < 0,05$) (Löker, vd., 2014). Literatürde biyoerişilebilirlik ve biyoyararlılık üzerine yapılan çalışmalara oldukça az rastlanmaktadır. *İn vitro* sindirim modeli, gıda bileşenlerinin sindirim koşullarından etkilenip etkilenmediklerini belirlemek için kullanılan, uygun maliyetli ve bilgilendirici bir tekniktir. *İn vitro* sindirim modelimiz, çeşitli ticari tam buğday ekmeklerinin sindirilebilirliği ve biyoerişilebilirliği hakkında kısa sürede son derece doğru sonuçlar vermiştir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. SONUÇ

Ticari tam buğday ekmeğinin vitamin ile takviye edilmesi, besin zenginleştirmesi ve tüketicilerin sağlığına ekstra faydalar sağlamak için tatmin edici bir yöntem olabilir. Bu çalışma, takviye edilmiş ticari tam buğday ekmeklerindeki B vitamini içeriğinin *in vitro* sindirimden etkilendiğini ortaya koymuştur. B₁, B₂, B₃ ve B₆ vitaminlerinin biyoyararlılığı ve biyoerişilebilirliği farklıdır. Bu nedenle, bu vitaminlerin ekmeklerdeki miktarlarını bilmek, toplumun sağlıklı beslenmesi için önem arz eder. Çalışmanın sonuçları, B₂ ve B₆ vitaminlerinin B₁ ve B₃ vitaminlerine kıyasla daha düşük biyoerişilebilirliğe sahip olduğunu göstermektedir. Vitaminlerin biyoerişilebilirliğinin stabilite, sıcaklık, gastrointestinal sistemin pH' ı, diyet lifi ile polisakkaritlere ve polipeptitlere bağlanması gibi durumlardan önemli ölçüde etkilendiği düşünülmektedir. Sonuçlarımız suda çözünen bu vitaminlerin biyoyararlılığının *in vivo* koşullarda da düşük olabileceğini göstermektedir.

Bu çalışmanın sonuçları, vitamin takviyeli tam buğday ekmeğinin ticari formülasyonu için bir kaynak olarak kullanılabilir. Sonuçlar, yetkili organlara beslenme yetersizliklerini önlemek hususunda Ulusal Kamu Politikaları geliştirmeleri için bir referans olarak, üreticilere besleyicilik yönünden en iyi unlu mamulün elde edilmesi için ve tam buğday ekmeğindeki B₁, B₂, B₃ ve B₆ vitaminleri seviyesi bakımından istenen sindirilebilirlik durumunu sağlayabilmeleri için veri sağlamaktadır. Ayrıca beslenme uzmanları, günlük vitamin alım düzeylerini, biyoerişilebilir miktarlarını hesaba katmadan literatürde beyan edilen değerlerle hesaplamaktadır. Bu doğrultuda çalışmamızın sonuçları bir kılavuz olarak kullanılabilir.

KAYNAKÇA

- Arkbage, K., vd. (2003). Bioaccessibility of Folic Acid and (6 S)-5-Methyltetrahydrofolate Decreases after the Addition of Folate-Binding Protein to Yogurt as Studied in a Dynamic *In Vitro* Gastrointestinal Model. *The Journal of Nutrition*, 133(11): 3678-83.
- Arsic, B., Dimitrijevic, D. & Kostic, D. (2016). Mineral and Vitamin Fortification. *Nutraceuticals*. Chapter 1: 1-40.
- Ball, G. F. M. (1994). Tiamin. *Water-Soluble Vitamin Assays in Human Nutrition*. UK: Springer-Science & Business Media, 1-19.
- (2004). Vitamin B₁, B₂, B₃. *Vitamins: Their Role in the Human Body*. UK, Oxford: Blackwell Publishing Ltd. 273–309.
- (2006). *Vitamins in Foods: Analysis, Bioavailability and Stability*. (2nd ed.) Boca Raton, FL: CRC, Press Taylor & Francis Group, 149-202.
- Batifoulier, F., vd. (2005). Effect of Different Breadmaking Methods on Thiamine, Riboflavin and Pyridoxine Contents of Wheat Bread. *Journal of Cereal Science*, 42:101–108.
- Baysal, A. (2012). Beslenme. (14. Baskı) Ankara: Hatiboğlu Yayınları.
- Bender, D.A. (1994). Novel Functions of Vitamin B₆. *Proceedings of the Nutrition Society*, 53:625–630.
- Besler, H.T. (2012, Mart). Türkiye’de Ekmek: Beslenme Açısından Değerlendirilmesi. *Tam Buğday Ekmeği Yayınlaştırma Sempozyumu 2012*, Ankara.
- Bishai, D., & Nalubola, R. (2002). The History of Food Fortification in the United States: Its Relevance for Current Fortification Efforts in Developing Countries. *Econ. Develop. Cult. Chan.* 51: 37–53.
- Bui, L., Small, D.M. & Coad, R. (2013). The Stability of Water-Soluble Vitamins and Issues in the Fortification of Foods. *Handbook of food fortification and health*, 199-211.
- Capanoglu E., vd. (2008). Changes in Antioxidants and Metabolite Profiles During Production of Tomato Paste. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(3): 964-973.
- Ceyhun Sezgin A. & Bülbül S. (2017). Türk Sanatı ve Mutfak Kültüründe Buğday. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 10:54.
- Chandra-Hioe, M.V., Bucknall, M.P. & Arcot, J. (2015). Tiamin: Properties and Determination. B. Caballero, P.M. Finglas, F. Toldra (Eds.), *Encyclopedia of Food and Health*, UK: Oxford Academic Press, 297 – 302.

- Clifford J. & Curely J. (2012). Water-Soluble Vitamins: B-Complex And Vitamin C. Fort Collins: Colorado State University. <http://extension.colostate.edu/>
- Czeizel, A. E., & Merhala, Z. (1998). Bread Fortification with Folic Acid, Vitamin B12 and Vitamin B6 in Hungary. *The Lancet*, 352(9135):1225.
- Çatak J.(2019a). Ülkemizde Tüketilen Bazı Gıda Ürünleri ile Bisküvilerin Glisemik İndekslerinin *İn Vitro* Yöntemlerle Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 16: 940-947.
- Çatak, J. (2019b). Determination of Niacin Profiles in Some Animal and Plant Based Foods by High Performance Liquid Chromatography: Association with Healthy Nutrition. *Journal of Animal Science and Technology*, 61(3):138-146.
- Das, J.K., vd. (2013). Micronutrient Fortification of Food and Its Impact on Woman and Child Health: A Systematic Review. *Systematic Reviews*, 2: 67–90.
- deMan, J.M.& Finley, J.W.(1999). *Principles of Food Chemistry*. (4th Ed.) Maryland: Springer, 365-395.
- Eitenmiller, R.R., Ye, L. & Landen, W.O. (2008). *Vitamin Analysis for the Health and Food Sciences*, (2nd ed.) New York: CRC Press, 291-435.
- Etcheverry, P., Grusak, M.A. & Fleige, L.E. (2012). Application of *In Vitro* Bioaccessibility and Bioavailability Methods for Calcium, Carotenoids, Folate, Iron, Magnesium, Polyphenols, Zinc and Vitamins B6, B12, D and E. *Frontiers in Physiology*, published: 6 August 2012, <https://www.frontiersin.org/>
- Famscience, (2020). (<http://famscience.com/%D8%AF%D9%88%D8%B1%D9%87-hplc/>) (Erişim: Ocak 2020).
- FAO, (1996). Food, and Agricultural Organisation. "Food Fortification: Technology and Quality Control. Report of an FAO technical meeting, Rome, Italy, 20-23 November 1995." FAO Food and Nutrition Paper 60 (1996).
- FAO/WHO (1992). World Declaration and Plan of Action for Nutrition. *International Conference on Nutrition 1992*, Rome. (ICN/92/2).
- Gizlici, M.N. & Çatak, J. (2019). Diabetes Mellitus ve Çinko İlişkisi. *Türk Diyab Obez* 2: 107-113.
- Gregory, J.F. (1996). Vitamins. *Food Chemistry*. (3rd ed.) O.R. Fennema (ed.), New York: Marcel Dekker, Inc.
- Gregory, J.F., vd. (1991). Bioavailability of pyridoxine-5'-β-D glucoside determined in humans by stable-isotopic methods. *Journal of Nutrition*, 121: 177–186.
- Hageman, G. J. & Stierum, R. H. (2001). Niacin, Poly(ADP-ribose) Polymerase-1 and Genomic Stability. *Mutation Research*, 475: 45-56.

- Hertrampf, E., vd. (2003). Consumption of Folic Acid–Fortified Bread Improves Folate Status in Women of Reproductive Age in Chile. *The Journal of Nutrition* 133(10): 3166-3169.
- Horasan Sağbasan, B. (2015). *Türkiye’de Yaygın Olarak Tüketilen Kuru Kırmızı Meyvelerin İçerdiği Antioksidan Maddelerin Biyoerişilebilirliğinin İncelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ekici, L., İnanır, C. & Albayrak, S.(2019). Karabuğdayın Fitokimyası, Farmakolojisi ve Biyofonksiyonel Özellikleri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 16: 713-722.
- Joosten, V. & Van Berkel, W. J. (2007). Flavoenzymes. *Current Opinion in Chemical Biology*, 11(2): 195-202.
- Karaoğlu, M. M. & Kotancılar, H. G. (2001). Tahıl Ürünlerinin Sağlığımız Açısından Önemi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(1):101-8.
- Khan, K. & Shewry, P.R. (2009). Micronutrients And Phytochemicals in Wheat Grain. *Wheat: Chemistry And Tecnology*,(4th ed.) AACC International: 185.
- Kochetov, G. A. & Solovjeva, O. N. (2014). Structure and functioning mechanism of transketolase. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) Proteins and Proteomics*, 1844(9):1608-1618.
- Kohlmeier, M. (2015). Water-Soluble Vitamins and Nonnutrients (2nd ed.) *Nutrient Metabolism: Structures, Functions, and Genes*, UK:Academic Press 599-611.
- Kurek, M. A., vd. (2017). Particle Size of Dietary Fiber Preparation Affects the Bioaccessibility of Selected Vitamin B in Fortified Wheat Bread. *Journal of Cereal Science*, 77:166-171.
- Lee, S. J., vd. (2016). Development of Novel *In Vitro* Human Digestion Systems for Screening the Bioavailability and Digestibility of Foods. *Journal of Functional Foods*, 22: 113-121.
- Liberato, S. C., & Pinheiro-Sant'Ana, H. M. (2006). Fortification of industrialized foods with vitamins. *Revista de Nutrição*, 19(2): 215-231.
- Löker, G.B, vd. (2014). Consumption of Bread Fortified with Vitamins and Minerals Improves Biochemical Nutrient Levels of Healthy Adults: A Pilot Randomised Clinical Trial. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 42(1): 4-11.
- Lynch, P.L.M.& Young, I.S., (2000). Determination of Thiamine by High-Performance Liquid Chromatography. *Journal of Chromatography A*, 881: 267-284.
- Martinez-Villaluenga, C. vd. (2009). Effect of Flour Extraction Rate and Baking on Thiamine and Riboflavin Content and Antioxidant Capacity of Traditional Rye Bread. *Journal of Food Science*. 74(1):49-55.

- Mawatari, K., Inuma, F. & Watanabe, M., (1991). Determination of Nicotinic Acid and Nicotinamide in Human Serum by High-Performance Liquid Chromatography with Postcolumn Ultraviolet-Irradiation and Fluorescence Detection. *Analytical Sciences*, 7: 733-736.
- McDougall, G. J., vd. (2005). Assessing Potential Bioavailability of Raspberry Anthocyanins Using an *In Vitro* Digestion System. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 5896–5904.
- Meral, H. & Karaoğlu, M. M. (2019). Ekmeğin Besinsel Özelliklerinin İyileştirilmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 50 (2): 217-225.
- Ndaw, S., vd. (2000). Extraction Procedures for the Liquid Chromatographic Determination of Thiamin, Riboflavin and Vitamin B6 in Foodstuffs. *Food Chemistry*, 71:129–138.
- Northrop-Clewes, C.A., & Thurnham, D.I., (2002). Vitamins. *The Nutrition Handbook for Food Processors*, C.J.K. Henry, C. Chapman. (Ed.) Woodhead Publishing& CRC Press.
- Olgun M., vd. (2017). Farklı Özellikteki Ekmeklik Çeşitlerinin Duyusal Analizler Yönünden Değerlendirilmesi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12(2):47-54.
- Özberk, F., vd. (2016). Buğday Genetik Kaynaklarından Yerel ve Kültür Çeşitlerine; Türkiye 'de Buğday ve Ekmek. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25 (2):218-233.
- Özdemir, M. (2013). Ekmek. *Eskişehir Ticaret Borsası Dergisi*, (8): 22-25.
- Pekcan, G., vd. (2006). Household Food Wastage in Turkey. FAO Statistics Division Working Paper Series, No: ESS/ESSA/006e.
- Plecko, B., & Stöckler, S. (2009). Vitamin B6 Dependent Seizures. *The Canadian Journal of Neurological Sciences*, 36: 73-77.
- Prakash, R., vd. (2008). Rapid Resolution of Delusional Parasitosis in Pellagra with Niacin Augmentation Therapy. *General Hospital Psychiatry*, 30(6): 581-584.
- Rose-Sallin, C., vd. (2001). Comparison of Microbiological and HPLC–Fluorescence Detection Methods for Determination of Niacin in Fortified Food Products. *Food Chemistry*, 73(4):473–480.
- Sauberlich, H. E. (1985). Bioavailability of Vitamins. *Progress in Food and Nutrition Science*, 9: 1–33.
- Spinazzi, M., Angelini, C., & Patrini, C. (2010). Subacute Sensory Ataxia and Optic Neuropathy with Thiamine Deficiency. *Nature Reviews Neurology*, 6(5): 288-293.
- Şanlı, M. & Özüdoğru, E. (2017). Ekmeğimiz ve Sağlığımız. *Gıda Mühendisliği Dergisi*, 41: 10-11.

- Şanlıer, N. (2012). Tam Tahıl Ürünleri ve Sağlık Üzerine Etkileri. *Tam Buğday Ekmeği Yaygınlaştırma Sempozyumu Ankara*, Endüstriyel Fırıncılar Birliği Yayın No: 1.
- Şanlıer, N. (2013). Tam Tahıllar ve Sağlık = Ekmek. *Standard Ekonomik ve Teknik Dergi*, Ağustos;70-75.
- Şeren-Karakuş, S., Küçükkömürler, S., & Ekmen, Z. (2007). Türk Kültüründe Bulgur. 38. *ICANAS-Uluslararası Asya ve Kuzey Afrika Çalışmaları Kongresi*. Ankara: Maddi Kültür, 1: 1179-1190.
- Tang X., Cronin D.A., & Brunton N.P. (2006). A Simplified Approach to the Determination of Thiamine and Riboflavin in Meats Using Reverse Phase HPLC, *J. Food Compos. Anal.* 19 (8):831–837.
- TBSA (2010). Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Ankara Numune Eğitim ve Araştırma Hastanesi (2014). Türkiye Beslenme ve Sağlık Araştırması (TBSA).
- T.C. Sağlık Bakanlığı (2008). Vitaminler, Mineraller ve Sağlığımız, 1. Baskı, Sağlık Bakanlığı Yayın No: 727 ISBN : 978-975-590-243-2.
- T.C. Ticaret Bakanlığı (2018). Türkiye İsrar Raporu, T.C. Ticaret Bakanlığı, Ankara, Aralık 2018.
- TGK (2012). Türk Gıda Kodeksi Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği (tebliğ no: 2012/2), *T.C. Resmî Gazete*, 28163, 4 Ocak 2012.
- TGK (2017). Türk Gıda Kodeksi Gıdalara Vitaminler, Mineraller ve Belirli Diğer Öğelerin Eklenmesi Hakkında Yönetmelik, *T.C. Resmî Gazete*: 30000, 7 Mart 2017.
- TMO (2013). Türkiye’de Ekmek İsrarı Araştırması. Ankara, Toprak Mahsülleri Ofisi Genel Müdürlüğü, Ocak, 2013.
- TÖBER (2015). Türkiye’ye Özgü Besin ve Beslenme Rehberi, Hacettepe üniversitesi, Ankara.
- TURKOMP (2019). Türk Gıda Kompozisyon Veri Tabanı, Ekmek, <http://www.turkomp.gov.tr/database?type=foods>. (Erişim: Kasım 2019).
- Trang, H.K. (2013). Development of HPLC Methods for the Determination of Water-Soluble Vitamins in Pharmaceuticals and Fortified Food Products. *All Theses*, 1745.
- Ulusal Gıda ve Beslenme Stratejisi Çalışma Grubu Raporu (2001). Yayın No: 2670. ISBN:975 – 19 – 3340-0.
- USDA (2020). United States Department of Agriculture. USDA Food Data Central. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/400722/nutrients>. (Erişim: Ocak 2020).

- WHO-FAO (2006). World Health Organisation and Food and Agricultural Organization, *Guidelines on Food Fortification with Micronutrients*, L. Allen, B. de Benoist, O. Dary, R. Hurrell (Eds.) <https://www.who.int/nutrition/publications/micronutrients/9241594012/en/>
- Velisek, J. & Cejpek, K. (2007). Biosynthesis of Food Constituents: Vitamins. 1. Fat-Soluble Vitamins – A review. *Czech Journal of Food Sciences*, 25(1): 1-16.
- Yaman, M. (2019). Farklı Ekmek Çeşitlerinde Doğal Olarak Bulunan Vitamin B1, B2 ve B6'nın *İn Vitro* Biyoerişebilirliğinin İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (16):758-764.
- Yu, B.H. & Kies, C. (1993). Niacin, Thiamin, and Pantothenic Acid Bioavailability to Humans from Maize Bran as Affected by Milling and Particle Size, *Plant Foods Hum. Nutr.* 43 (1):87–95.
- Zaupa, M., vd.(2014). *In vitro* Bioaccessibility of Phenolics and Vitamins from Durum Wheat Aleurone Fractions, *J. Agric. Food Chem.* 62 (7): 1543–1

ÖZGEÇMİŞ

AD SOYAD: Merve Nur GİZLİCİ

DOĞUM TARİHİ: 23.01.1996

DOĞUM YERİ: Osmaniye

E-POSTA: dyt.mervenur@outlook.com

ÖĞRENİM DURUMU:

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Yıl
Lisans	Beslenme Ve Diyetetik	Selçuk Üniversitesi	2013-2017
Yüksek lisans	Beslenme Ve Diyetetik-Tezli	İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi	2018-2020

Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Yayınlanan Bildiriler

Gizlici M. N., Kamalak R., Toptaş Bıyıklı E., Bıyıklı A. E., 2017, Garlic and its effect on health, 1. International Congress on Medicinal and Aromatic Plants: "Natural and Healthy Life" Book Of Abstracts, May 9-12, 1507, Konya, Turkey.

Ulusal Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Yayınlanan Bildiriler

1. Jale ÇATAK, Merve Nur GİZLİCİ, Halime UĞUR, Mustafa YAMAN, *In Vitro* Sindirim Modeli Kullanılarak B3 ve B6 Vitamini ile Zenginleştirilmiş Ticari Tam Buğday Ekmeklerindeki B3 ve B6 Vitamini Biyoerişilebilirliğinin Araştırılması, 3. Uluslararası Beslenme Obezite Ve Toplum Sağlığı Kongresi, 11-12 Nisan 2020, İstanbul, Türkiye.
2. Jale ÇATAK, Merve Nur GİZLİCİ, Halime UĞUR, Mustafa YAMAN, B1 ve B2 Vitaminleri ile Zenginleştirilmiş Farklı Ticari Tam Buğday Ekmeklerinde B1 ve B2 Vitaminlerinin *In Vitro* Biyoerişilebilirliğinin Belirlenmesi, 11-12 Nisan 2020, İstanbul, Türkiye.

Ulusal Dergilerde Yayınlanan Makaleler

Gizlici M. N., Çatak J. Diabetes Mellitus ve Çinko İlişkisi. Türkiye Diyabet ve Obezite Dergisi 2019;2:107-113.