



Farklı Ekmek Çeşitlerinde Doğal Olarak Bulunan Vitamin B₁, B₂ ve B₆'nın *In Vitro* Biyoerişebilirliğinin İncelenmesi

Mustafa Yaman^{1*}

¹ İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0001-9692-0204)

(İlk Geliş Tarihi 17 Temmuz 2019 ve Kabul Tarihi 24 Temmuz 2019)

(DOI: 10.31590/ejosat.593444)

ATIF/REFERENCE: Yaman, M. (2019). Farklı Ekmek Çeşitlerinde Doğal Olarak Bulunan Vitamin B₁, B₂ ve B₆'nın *In Vitro* Biyoerişebilirliğinin İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (16), 758-764.

Öz

Tahıl ürünleri; günlük enerjini gereksiniminin büyük bir kısmını karşılar. Bunun yanında yüksek miktarda suda çözünebilir vitaminlerden olan B₁, B₂ ve B₆ vitamini içermektedir. Fakat bu vitaminlerin vücuttaki biyoyararlılıkları ve biyoerişilebilirlikleri farklıdır. Bu çalışmanın amacı beslenmemizde yer alan beyaz, tam buğday, kepekli ve yulafli ekmekte bulunan vitamin B₁, B₂ ve B₆'nın biyoerişilebilirliklerinin *in vitro* olarak simüle edilmiş ağız, mide ve ince bağırsak ortamında incelemektir. Çalışmada vitamin içerikleri Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (HPLC) ile belirlenmiştir. B₁ vitamininin biyoerişilebilirliği %45 ile %73 arasında bulunurken B₂ vitaminini biyoerişilebilirliği %56 ile %75 arasında bulundu. İstatiksel olarak değerlendirildiğinde en düşük biyoerişilebilirlik B₁ ve B₂ vitamininde de yulafli ekmekte bulunmuştur. Vitamin B₆'da ise biyoerişilebilirlik %56 ile %67 arasında bulunmuştur. En yüksek biyoerişilebilirlik PN formunda bulunurken en düşük PL ve PM formunda bulunmuştur. Bunun yanında yulaf içeren ekmeklerdeki vitamin B₁, B₂ ve B₆ biyoerişilebilirliği diğer ekmek türlerine göre daha düşük bulunmuştur. Sonuç olarak ekmekten almış olduğumuz B grup vitamin seviyeleri günlük enerji ihtiyacımız ile bir paralellik göstermemektedir. Dolayısıyla günlük beslenmemizde ekmeğin yanında B grup vitamin yönünden zengin besinler tüketilebilir.

Anahtar Kelimeler: Ekmek, Vitamin B₁, Vitamin B₂, Vitamin B₆, Biyoerişilebilirlik

Investigation of *In Vitro* Bioaccessibility of Naturally Available Vitamins B₁, B₂ and B₆ in Different Bread Varieties

Abstract

Grain products; meets a large part of the daily energy requirement. It also contains high amounts of water-soluble vitamins B₁, B₂ and B₆. However, the bioavailability of these vitamins are different. The aim of this study is to investigate the bioaccessibility of vitamins B₁, B₂ and B₆ in white, whole wheat, whole wheat and oat bread in our diet in simulated mouth, stomach and small intestine environment. Vitamin contents were determined by High Performance Liquid Chromatography (HPLC). The bioaccessibility of vitamin B₁ was between 45% and 73%, while the bioaccessibility of vitamin B₂ was between 56% and 75%. The lowest bioaccessibility was found in oat bread in vitamins B₁ and B₂. In vitamin B₆, bioaccessibility was between 56% and 67%. The highest bioaccessibility was found in PN form and the lowest in PL and PM form. In addition, the bioaccessibility of vitamins B₁, B₂ and B₆ in oat bread was lower than other bread types. As a result, vitamin B levels obtained from bread do not correlate with our daily energy needs. Therefore, in our daily nutrition, foods rich in B group vitamins can be consumed with bread.

Keywords: Bread, Vitamin B₁, Vitamin B₂, Vitamin B₆, Bioaccessibility

1. Giriş

Sağlıklı bir beslenmede günlük kalorinin %10-15'i proteinlerden, %30-35'i yağlardan ve %50-60'ı karbohidratlardan sağlanır (Köseoğlu, 2019). Tahıl ürünleri; günlük enerjinin %37'sini, karbohidratların %56'sını ve proteinlerin de %37'sini tek başına

* Corresponding author: Department of Nutrition and Dietetics, Faculty of Health Sciences, İstanbul Sabahattin Zaim University, İstanbul, Turkey, ORCID: 0000-0001-9692-0204, mustafayaman1977@gmail.com

karşılmaktadır (Arslan vd. 2006). Yapılan başka bir araştırmada tahıl ürünleri günlük enerjinin %52'sini, karbonhidratların ise %66'sını karşılmaktadır (Ünalsan, 1994). 2012 verilerine göre ise Türkiye'de kalori tüketiminin %47,9'u buğdaydan yapılan ekmek ve diğer ürünlere dayanmaktadır (TZOB, 2012). Tahıl ürünleri yüksek miktarda suda çözünebilir vitaminlerden olan B₁, B₂ ve B₆ vitaminlerini içermektedir (TURKOMP, 2019). B₁ vitamini gıdalarda serbest olarak tiyamin formunun yanında fosfat bağlı olarak tiyamin pirofosfat ve tiyamin mono-fosfat şeklinde bulunabilir. B₂ vitamini ise gıdalarda serbest olarak riboflavin, flavin mono nükleotit ve flavin adenin dinükleotit şeklinde bulunmaktadır. B₆ vitamini ise gıdalarda pridoksal, pridoksin, pridoksamin ve bu formlara bağlı fosfat ve glikozitli formları şeklinde de bulunabilmektedir (Ndaw vd. 2000). B₁ vitamini koenzim olarak enerji metabolizmasında piruvatın asetil CoA'ya dönüşümünde, B₂ vitamini ise trikarboksilik ve elektron taşıma zincirinde görev almaktadır. B₆ vitamini ise özellikle protein metabolizmasında transaminasyon ve deaminasyon metabolizmasında görev alır (Ball, 2004). Yetişkin bir bireyde günlük B₁ ve B₂ vitamini ihtiyacı yaklaşık 1.2 mg iken B₆ vitamini ihtiyacı 1.6 mg'dır (Food and Nutrition Board, 1998).

Suda çözünebilir vitaminler ısı, ışık ve ortamın pH'ından etkilenmektedir. Dolayısıyla bu vitaminlerin miktarlarında önemli ölçüde kayıplar olabilmektedir. Bunun yanında suda çözünebilir vitaminler gıdalarda polisakkaritlere ve polipeptidlere kovalent olmayan bağlar ile de bağlı bulunabilir (Ball, 2006). Bu nedenle bu vitaminler gastrointestinal sistemin pH'ına bağlı olarak serbest hale geçemeyebilir. Dolayısıyla bu vitaminlerin gastrointestinal sistemde alım seviyesi etkilenmektedir (Yaman vd. 2019).

Günümüzde bir besinde bulunan vitamin gibi besin öğelerinin biyoyararlılığını bilmek sağlıklı diyetler oluşturulması açısından önemlidir (Van den Berg vd. 2002). Fakat biyoyararlılık çalışmaları klinik çalışma gerektirdiğinden hem etik kurul hem de zaman ve maliyet açısından dezavantajları vardır. Bu nedenle günümüzde besin öğelerinin bioerişilebilirliğini belirlemede in vitro yöntemler kullanılmaktadır (Hur vd. 2012). Özellikle gıdaların glisemik indekslerini belirlemede in vitro ve in vivo çalışmalar arasında benzer korelasyonlar bulunmuştur (Magelatta vd. 2010). Bu çalışmanın amacı; günlük beslenmemizde önemli bir yere sahip olan ekmek çeşitlerinde bulunan B₁, B₂ ve B₆ vitaminlerinin bioerişilebilirliğinin in vitro olarak oluşturduğumuz ağız, mide ve ince bağırsak ortamında incelemek ve beslenme açısından değerlendirmektir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Örneklem

Çalışmada beyaz, tam buğday, kepekli ve yulaf'lı ekmek İstanbul'daki fırınlardan temin edildi.

2.1.1. Vitamin B₁, B₂ ve B₆ Ekstraksiyonu

Vitamin B₁, B₂ ve B₆ ekstraksiyonunda Ndaw vd. (2002) tarafından önerilen yöntem modifiye edilerek kullanıldı. Homojen edilmiş 5 g ekmek örneği 100 ml'lik erlene tartıldı ve üzerine 50 ml 0.1 N hidroklorik asit çözeltisi ilave edildi. Daha sonra 121°C'de 30 dakika otoklavda bekletildi. Örnekler oda sıcaklığına kadar soğutuldu ve pH 4.5'e 2.5 M'lik sodyum asetat çözeltisi ile ayarlandı. Fosfat ve glikozit bağlı olan vitaminler enzimatik olarak serbest hale getirildi. Bu aşamada; 100 mg taka-diazoz, 5 mg asit fosfataz ve 10 mg β-glukozidaz enzimi eklendi ve çalkalamalı su banyosunda 45 °C'de vitamin B₁ ve B₂ vitamini için 3 saat, B₆ vitamini için ise 16 saat süre ile inkübe edildi. Bu işlemten sonra hacim 100 ml'ye 0.1 N hidroklorik asit çözeltisi ile tamamlandı. Karışım ilk önce adi filtre kâğıdından süzüldü ve sonra 0.45 µm'luk selüloz asetat filtreden geçirildi ve HPLC'ye enjekte edildi.

2.1.2. HPLC koşulları

Vitamin B₆: Vitamin B₆ analizinde Kall (2003) tarafından önerilen yöntem modifiye edilerek kullanıldı. 9 g potasyum dihidrojen fosfat ve 0.5 g oktansülfonik asit tartıldı ve üzerine 900 ml deiyonize su ilave edilerek çözündürüldü. Daha sonra üzerine 40 ml asetonitril (ACN) ilave edildi ve hacim 1000 ml deiyonize su ile tamamlandı. Çözeltinin pH'ı 2.8'e orto-fosforik ile ayarlandı ve vakum altında 0.22 µm'luk filtreden süzüldü. Vitamin B₆ analizinde Shimadzu Nexera-i (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan) marka HPLC ile birlikte floresans dedektör kullanıldı. Floresans dedektör eksitasyon 290 nm'ye, emisyon ise 395 nm'ye ayarlandı. Vitamin B₆'nın PL, PN ve PM formlarını ayırmada Gemini-NX 5µ C18 110 Å, 4.6 x 250 mm (Phenomenex, CA, USA) kolon kullanıldı. Akış hızı 1 ml/dakika'ya kolon sıcaklığı ise 25°C'ye ayarlandı. HPLC'de ayırma işlemi 40 dakika tamamlandı.

Vitamin B₂: B₂ vitamin analizinde Tang vd. (2006) tarafından önerilen metot modifiye edilerek kullanıldı. Mobil faz deiyonize su (%75) ile HPLC saflıkta metanol (%25) ile hazırlandı. Vitamin B₂ analizinde Shimadzu Nexera-i (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan) marka HPLC ile birlikte floresans dedektör kullanıldı. Floresans dedektör eksitasyon 445 nm'ye, emisyon ise 525 nm'ye ayarlandı. Vitamin B₂'nin serbest formu olan riboflavin'i ayırma işleminde Gemini-NX 5µ C18 110 Å, 4.6 x 250 mm (Phenomenex, CA, USA) kolon kullanıldı. Akış hızı 1 ml/dakika'ya kolon sıcaklığı ise 25°C'ye ayarlandı. HPLC'de ayırma işlemi 20 dakika tamamlandı.

Vitamin B₁: Vitamin B₁ analizinde vd. (2006) tarafından önerilen metot modifiye edilerek kullanıldı. Analizde ilk önce kolon öncesi türevlendirme işlemi yapıldı. Vitamin B₁'in serbest formu olan tiyamin molekül yapısı itibariyle floresans dedektörde tespit edilemez. Bu nedenle tiyamin ilk önce floresans türevi olan tiokroma potasyum ferrisiyanid çözeltisi ile dönüştürülür. Bu aşamada ilk önce %1'lik ferrisiyanid çözeltisi %15'lik sodyum hidroksit çözeltisi içinde hazırlandı. Ekstraksiyon aşamasında hazırlanan örnekten 20 ml alındı ve üzerine 1.5 ml %1'lik ferrisiyanid çözeltisinden ilave edildi ve pH'ı 7.1'e orta fosforik asit çözeltisi ile ayarlandı. Aynı şekilde tiyamin standartlarında %1'lik ferrisiyanid çözeltisi ile türevlendirildi ve pH'ı 7.1'e orta fosforik asit çözeltisi ile ayarlandı. B₁ vitamin analizinde Shimadzu Nexera-i (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan) marka HPLC ile birlikte floresans dedektör kullanıldı. Floresans dedektör eksitasyon 366 nm'ye, emisyon ise 445 nm'ye ayarlandı. Tiokrom formuna dönüştürülen vitamin B₁'i ayırma işleminde Gemini-NX 5µ

C18 110 Å, 4.6 x 250 mm (Phenomenex, CA, USA) kolon kullanıldı. Akış hızı 1 ml/dakika'ya kolon sıcaklığı ise 25°C'ye ayarlandı. HPLC'de ayırla işlemi 20 dakika tamamlandı.

2.1.3. *İn vitro* Biyoerişilebilirlik Analizi

Çalışma kapsamındaki ekmeklerde doğal olarak bulunan B₁, B₂ ve B₆ vitaminlerinin biyoerişilebilirliği *in vitro* ortamda insan sindirim sistemi simüle edilerek belirlendi. *In vitro* analizde Lee vd. (2016) tarafından önerilen yöntem kullanıldı. Bu kapsamda ağız, mide ve ince bağırsak solüsyonları hazırlandı.

Ağız: Sırası ile sodyum klorür (175.3 g / L) ve üre (25 g / L), çözeltileri hazırlandı. Sodyum klorür çözeltisinden 1.7 ml, üre çözeltisinden ise 8 ml alındı ve 500 ml'lik erlen içine konuldu ve 400 ml deiyonize su ilave edildi. Hazırlanan bu karışıma 15 g ürik asit, 280 mg a-amilaz ve 25 mg müsün ilave edildi ve hacim 500 ml'ye tamamlandı. Çözeltisinin pH'ı 6.8 ile 7.0 arasında 1M HCl ya da 1 M NaOH ile ayarlandı.

Mide: Sıra ile HCl (37 g/L) ve CaCl₂·H₂O (22 g / L) çözeltileri hazırlandı. HCl çözeltisinden 6.5 ml, CaCl₂·H₂O çözeltisinden 18 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 mucin ilave edildi ve çözündürüldü. Çözeltinin pH'ı 1.5'e 1M HCl ya da 1 M NaOH ile ayarlandı.

İnce Bağırsak: Sıra ile KCl (89.6 g g/L) ile CaCl₂·2H₂O (22.2 g/L) çözeltileri hazırlandı. KCl çözeltisinden 6.3 ml, CaCl₂·2H₂O çözeltisinde ise 9 ml alındı ve deiyonize su ile hacmi 500 ml'ye tamamlandı. Daha sonra üzerine, 1 g sığır albümin, 1.5 lipaz ve 1 g pankreatin ilave edildi ve çözündürüldü. Çözeltinin pH'ı 8 'e 1M HCl ya da 1 M NaOH ile ayarlandı.

Safra sıvısı: Sıra ile NaHCO₃ (84.7 g g/L) ile CaCl₂·2H₂O (22.2 g/L) çözeltileri hazırlandı. NaHCO₃ çözeltisinden 68.3 mL, CaCl₂·2H₂O çözeltisinden 10 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 'ye 1M HCl ya da 1 M NaOH ile ayarlandı.

İn Vitro Sindirim

5 g homojen edilmiş ekmek 100 ml beher içinde alındı ve üzerine ağız solüsyonundan 5 ml ilave edildi. Ağız solüsyonunun tam olarak ekmek ile karışması için vorteks ile iyice karıştırıldı. Karışım çalkalamalı su banyosunda 5 dakika süre ile 37 °C inkübe edildi. Bu aşamadan sonra mide solüsyonundan 12 ml eklendi ve vorteks ile iyice karıştırıldı. Mide ortamında 2 saat süre 37 °C'de inkübe edildi. Daha sonra ince bağırsak ortamı için ilk önce 5 ml safra sıvısı ilave edildi ve ortamın pH'ı 7.0'a ayarlandı. Üzerine ince bağırsak sıvısından 10 ml ilave edildi ve 2 saat süre ile 37 °C'de çalkalamalı su banyosunda inkübe edildi. *In vitro* sindirim tamamlandıktan sonra ortamın pH'ı 4.5'e 1 M HCl çözeltisi ile ayarlandı. Üzerine 5 ml 0.1 M'lık sodyum asetat tamponundan ilave edildi ve son hacim 50 ml'ye deiyonize su ile tamamlandı. Daha sonra 50 ml'lik falkon tüp içine alındı ve 8000 rpm'de 5 dakika süre santrifüj edildi. Santifüj edilen sıvıdan 20 ml alındı ve üzerine 10 mg asit fosfataz ve 5 mg beta-glikozidaz enzimlerinden ilave edildi. B₁ ve B₂ vitaminleri için 3 saat süre ile, B₆ vitamini için ise 18 saat süre ile inkübe edildi. Bu aşamadan sonra yukarıda her bir vitamin için belirtilen analiz yöntemleri uygulandı.

2.1.4. Miktar Tayini ve Kalite Kontrol

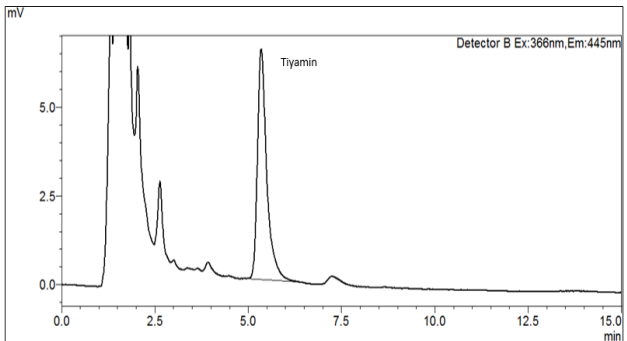
Miktar tayini HPLC'de örnek altında kalan alanın uygun standart konsantrasyonun alanına oranlaması ile hesaplandı.

2.1.5. İstatistiksel Analizler

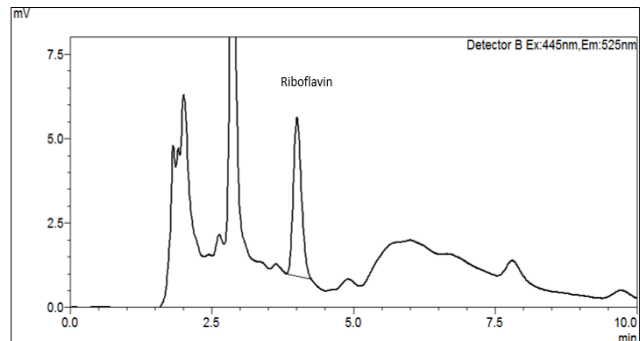
Her bir çalışma üç kez tekrar edildi ve standart sapması hesaplandı. Standart sapmayı belirlemede ANOVA Tukey's (p < 0.05) testi uygulandı.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

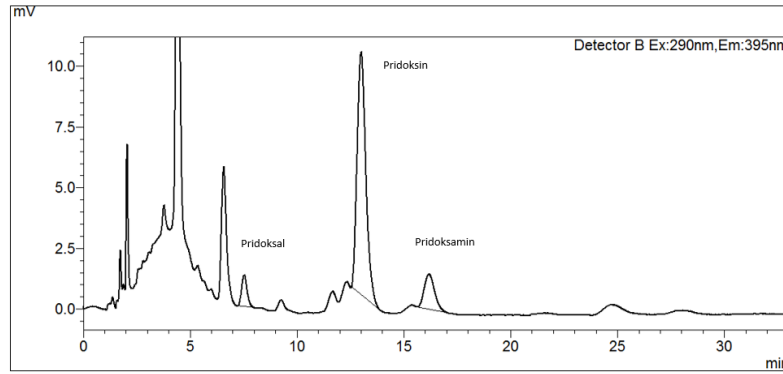
Yulaflı ekmekte Tiyamin, Riboflavin ve B₆ vitamininin formlarına ait HPLC kromatogramlar şekil, 1, 2 ve 3'te gösterilmiştir.



Şekil.1 B₁ vitamini HPLC Kromotogram



Şekil.2 B₂ vitamini HPLC Kromotogram



Şekil.3 B₆ vitamini (Pridoksin, Pridoksal, Pridoksamin) HPLC Kromotogramı

3.1. Ekmeklerde Vitamin B₁, B₂ ve B₆ miktarları;

Ekmeklerde vitamin B₁, B₂ ve B₆ miktarları Tablo 1, 2, 3 ve 4'de gösterilmiştir. B₁ vitamini en yüksek beyaz ekmekte 124±7 bulunurken en düşük yulaflı ekmekte 30±3 mg/100 g bulunmuştur. B₂ vitamini ise en yüksek tam buğday ekmeğinde 72±5 mg/100 g olarak bulunurken en az kepekli ekmekte 37±4 mg/100 g olarak bulunmuştur. B₁ vitamini sonuçlarımız Ulusal Gıda Kompozisyonu Veri Tabanı (TURKOMP)'a göre karşılaştırdığımızda her üç ekmek türünde de düşük bulunmuştur. TURKOMP'da en yüksek B₁ vitamini yulaflı ekmekte 204 µg /100 g iken en düşük tam buğday ekmeğinde 148 µg /100 olarak belirtilmiştir. B₂ vitamini sonuçlarımız TURKOMP'a göre karşılaştırıldığında sadece tam buğday ekmeği dışında sonuçlarımız düşük olarak bulundu. TURKOMP'da en yüksek B₆ vitamini beyaz ekmekte 104 µg /100 g olarak belirtilmiştir. B₆ vitamini sonuçlarımız TURKOMP'a göre karşılaştırıldığında vitamin B₁ ve B₂'den farklı olarak tüm ekmek türlerinde sonuçlarımız yüksek olarak bulunmuştur. Sonuç olarak, ekmek türlerindeki vitamin B₁ ve B₂ sonuçlarımız TURKOMP'a göre genel olarak düşük bulunurken B₆ vitamini sonucumuz ise yüksek olarak bulunmuştur.

3.2. İn Vitro Sindirim Sonuçları

Tablo 1'de görüldüğü gibi beyaz ekmekte B₁ vitamininin biyoerişilebilirliği %71±3, tam buğday ekmeğinde %62±2, kepekli ekmekte %68±2 ve yulaflı ekmekte ise %45±7 olarak bulunmuştur. İstatiksel olarak değerlendirildiğinde en düşük biyoerişilebilirlik yulaflı ekmekte bulundu. Diğer ekmek türlerinde ise istatistiksel olarak birbirine benzer sonuçlar elde edildi. Tablo 1'de görüldüğü gibi beyaz ekmekte B₂ vitaminini biyoerişilebilirliği %75±1, tam buğday ekmeğinde %66±0, kepekli ekmekte %70±3 ve yulaflı ekmekte ise %56±3 olarak bulunmuştur. İstatiksel olarak değerlendirildiğinde en düşük biyoerişilebilirlik B₁ vitamininde de olduğu gibi yulaflı ekmekte bulunurken en yüksek biyoerişilebilirlik ise beyaz ekmekte bulunmuştur. Vitamin B₆ gıdalarda serbest olarak PL, PN ve PM formları şeklinde bulunduğundan her bir formun biyoerişilebilirliği ayrı olarak değerlendirilmiştir. Beyaz ekmekte PL formunun biyoerişilebilirliği %21±5, tam buğday ekmeğinde %28±5, kepekli ekmekte %33±9 ve yulaflı ekmekte ise %17±5 olarak bulunmuştur. Görüldüğü gibi en düşük biyoerişilebilirlik yulaflı ekmekte bulunurken en yüksek ise istatistiksel olarak tam buğday ve kepekli ekmekte bulundu. Tahıl ürünlerinde B₆ vitamininin en çok PN formu bulunmaktadır. PN formunun biyoerişilebilirliği beyaz ekmekte %72±1, tam buğday ekmeğinde %75±1, kepekli ekmekte %82±2 ve yulaflı ekmekte ise %63±1 olarak bulunmuştur. Görüldüğü gibi en yüksek biyoerişilebilirlik kepekli ekmekte bulunurken en düşük yulaflı ekmekte bulundu. Tahıl ürünlerinde daha az bulunan bir diğer form ise PM'nin biyoerişilebilirliği beyaz ekmekte %29±6, tam buğday ekmeğinde %29±5, kepekli ekmekte %36±6 ve yulaflı ekmekte ise %23±6 olarak bulundu. Görüldüğü gibi en yüksek biyoerişilebilirlik kepekli ekmekte bulunurken en düşük ise yulaflı ekmekte bulundu. Toplam B₆ vitamininin biyoerişilebilirliği değerlendirildiğinde en yüksek kepekli ekmekte bulunurken en düşük yulaflı ekmekte bulundu (Tablo.3 ve Tablo.4).

Tablo.1 Farklı ekmek çeşitlerinde vitamin B₁ ve B₂ miktarları ve in vitro Biyoerişilebilirlik değerleri

Ürün Adı	Vitamin B ₁ (µg/100g)		Biyoerişilebilirlik (%)	Vitamin B ₂ (µg/100g)		Biyoerişilebilirlik (%)
	Başlangıç	Sindirim sonrası		Başlangıç	Sindirim sonrası	
Beyaz Ekmek	124±7a	88±4b	71±3	42±4a	32±3b	75±1
Tam Buğday	86±4a	62±2b	73±5	72±5a	48±3b	66±0
Kepekli	121±4a	82±4b	68±2	37±4a	26±3b	70±3
Yulaflı	30±3a	14±1b	45±7	44±3a	25±3b	56±3

Aynı satırdaki farklı harfler uygulamalar arasında istatistiksel fark olduğunu gösterir (ANOVA p <0.05, Tukey testi)

Tablo.2 Farklı ekme  çeşitlerinde Pridoksal ve Pridoksin (µg/100 g) miktarları ve in vitro Biyoerişilebilirlik değerleri

Ürün Adı	Pridoksal (µg/100 g)		Biyoerişilebilirlik (%)	Pridoksin (µg/100 g)		Biyoerişilebilirlik (%)
	Başlangıç	Sindirim sonrası		Başlangıç	Sindirim sonrası	
Beyaz Ekmek	27±3a	6±2b	21±5	173±7a	125±4b	72±1
Tam Buğday	42±3a	12±3b	28±5	289±6a	216±5b	75±1
Kepekli	18±3a	6±3b	33±9	86±4a	70±5b	82±2
Yulaflı	19±3a	3±2b	17±5	241±5a	152±5b	63±1

Aynı satırdaki farklı harfler uygulamalar arasında istatistiksel fark olduğunu gösterir (ANOVA p <0.05, Tukey testi).

Tablo.3 Farklı ekme  çeşitlerinde Pridoksamin miktarları ve in vitro Biyoerişilebilirlik değerleri

Ürün Adı	Pridoksamin (µg/100 g)		Biyoerişilebilirlik (%)
	Başlangıç	Sindirim sonrası	
Beyaz Ekmek	37±3a	11±3b	29±6
Tam Buğday	57±4a	17±4b	29±5
Kepekli	24±4a	9±3b	36±6
Yulaflı	27±3a	6±2b	23±6

Aynı satırdaki farklı harfler uygulamalar arasında istatistiksel fark olduğunu gösterir (ANOVA p <0.05, Tukey testi).

Tablo.4 Farklı ekme  çeşitlerinde toplam vitamin B₆ miktarları ve in vitro Biyoerişilebilirlik değerleri

Ürün Adı	Vitamin B ₆ (µg/100 g)		Biyoerişilebilirlik (%)
	Başlangıç	Sindirim sonrası	
Beyaz Ekmek	237±13a	141±9b	60±1
Tam Buğday	387±13a	244±12b	63±1
Kepekli	127±11a	85±11b	67±3
Yulaflı	287±11a	162±9b	56±1

Aynı satırdaki farklı harfler (PL, PN, PM) uygulamalar arasında istatistiksel fark olduğunu gösterir (ANOVA p <0.05, Tukey testi).

Bu çalışmada beyaz, tam buğday, kepekli ve yulaflı ekmekte bulunan B₁, B₂ ve B₆ vitaminlerinin biyoerişilebilirliği in vitro ortamda incelendi. B₁ vitamininin biyoerişilebilirliği %45 ile %73 arasında bulunurken B₂ vitaminini biyoerişilebilirliği %56 ile %75 arasında bulundu (Tablo.1 ve Tablo.2). Vitamin B₁ özellikle ısıtılmalardan stabilitesi etkilenmektedir (Eittenmiller vd. (2008)). İn vitro olarak oluşturduğumuz ortamın sıcaklığı 37 °C olduğu için B₁ vitamininin biyoerişilebilirliğinin etkilediği düşünülmektedir. Bunun yanında B₁ ve B₂ vitaminlerinin maksimum stabilitesi pH 2 ile 4 arasındadır (Eittenmiller vd. (2008)). İn vitro ince bağırsak ortamının pH'ı 7 olduğundan her iki vitamininde bu pH'dan etkilendiği ve biyoerişilebilirliğinin azaldığı düşünülmektedir. Ekmekler belirli miktarda diyet lif içermektedir. Özellikle tam, kepekli ve yulaflı ekmekte yüksek miktarda diyet lif vardır. Kurek vd. (2017)'de yapmış oldukları çalışmada ekmeklere diyet lif ilavesinin biyoerişilebilirlik seviyesini azalttığı bildirilmiştir. Aynı çalışmada B₁ vitamininin biyoerişilebilirliği %69.1 ile %91.2 arasında iken B₂ vitamininin biyoerişilebilirliği ise %40.9 ile %91.2 olarak bildirilmiştir. Bizim çalışmamızda da görüldüğü gibi benzer şekilde biyoerişilebilirlik düşük olarak bulunmuştur. Bunun yanında vitamin B₁ ve B₂'nin formları kovalent olmayan bağlarla proteinlere bağlı olarak bulunabilmektedir (Ball, 2004; 2006). İn vitro gastrointestinal sistemde alkali ortamda proteinlerin denatürasyonu daha az olabilmektedir (Arkbage vd. 2003). Bu da bu vitaminlerin formlarının daha az serbest hale gelmesine neden olmaktadır (Yaman vd. 2019). Dolayısıyla bu durum düşük biyoerişilebilirliğe neden olabilmektedir.

Vitamin B₆'nın PN formu hem pH hem de sıcaklık değişimlerine karşı PL ve PM formlarına göre daha dayanıklı olduğu bilinmektedir. Yapılan bir çalışmada vitamin B₆'nın PLP formunun stabilitesinin pH 4 ile 5 arasında %20'ye kadar düştüğü

bildirilmiştir (Ball, 2006). Bizim örneklerimizde de PN formunun biyoerişilebilirliği PM ve PL formlarına göre daha yüksek bulunmuştur. Bunun yanında vitamin B₆'nın formları vitamin B₁ ve B₂'de olduğu gibi kovalent olmayan bağlarla proteinlere bağlı olarak bulunabilmektedir (Ball, 2006). Özellikle proteinlere bağlı halde bulunan bu formların tam olarak serbest hale geçemediği ve biyoerişilebilirliğinin etkilendiği düşünülmektedir. İn vitro gastrointestinal sistemde alkali ortamda proteinlerin denatürasyonu daha az olabilmektedir ((Arkbage vd. 2003). Bu da B₆ vitamininin formlarının daha az serbest hale geçmesine neden olabileceği düşünülmektedir. Dolayısıyla bu durum düşük B₆ vitamini biyoerişilebilirliğine neden olabilmektedir.

Kurek vd. (2017)'de yapmış olduğu çalışmada diyet lif ilavesinin vitamin B₆'nın PN formunun biyoerişilebilirliğini %34'e kadar düşürdüğünü belirtmiştir. Beta gluklan özellikle yulaf ve arpada bulunan suda çözünebilen bir diyet lifidir. Beta gluklan özellikle gıdaların glisemik indeksi ve kan kolesterol düzeyinin düşürülmesinde etkilidir (Wang vd. 2014). Fakat bu diyet lif vitamin ve mineral gibi önemli besin öğelerinde biyoerişilebilirliğini azalttığı düşünülmektedir. Dolayısıyla yulaf içeren ekmeklerin biyoerişilebilirliği diğer ekmeklere göre daha düşük olarak bulunmuştur.

4. Sonuç

Bu çalışmadaki B₁, B₂ ve B₆ vitaminlerinin biyoerişilebilirliği genel olarak incelendiğinde en düşük B₆ vitamininin pridoksal ve pridoksamin formlarında olduğu görülmüştür. Fakat ekmek çeşitlerinde B₆ vitamininin pridoksin formu daha baskındır. Toplam B₆ vitamininin biyoerişilebilirliğine bakıldığında %56 ile %67 arasında değişmektedir. Temel beslenmemizde buğdaydan yapılan tahıl ürünleri yer almaktadır. Fakat tahıl ürünlerinin ısı işlemi sonucunda B grup vitaminlerinde önemli ölçüde kayıplar olmaktadır. Bunun yanında biyoerişilebilirlikte göz önüne alındığında tahıl ürünlerinden almış olduğumuz B grup vitaminlerinin seviyeleri düşüktür. Ekmek temel beslenmemizde önemli bir yere sahiptir ve günlük enerji ihtiyacımızın büyük kısmını yine ekmekten karşılamaktayız. Sonuçları genel olarak değerlendirdiğimizde ekmekten almış olduğumuz B grup vitamininin seviyeleri düşüktür. Bunun yanında yulaf içeren ekmeklerin biyoerişilebilirliği diğer ekmek türlerine göre daha düşük bulunmuştur. Sonuç olarak ekmekten almış olduğumuz B grup vitaminlerinin seviyeleri günlük enerji ihtiyacımız ile bir paralellik göstermemektedir. Dolayısıyla günlük beslenmemizde ekmeğin yanında B grup vitamin yönünden zengin besinler tüketilebilir.

Kaynakça

- [1] Arkbage, K., Verwei, M., Havenaar, R., & Witthöft, C. (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), 3678-3683.
- [2] Arslan, P., Mercanligil, S., Gökmen Özel, H., Çıtak Akbulut, G., Dönmez, N., & Çiftçi, H. (2006). Nutritional habits and nutritional patterns of participants of the Turkish Adult Risk Factor Survey 2003-2004. *Archives of the Turkish Society of Cardiology*, 34(6), 331-339.
- [3] Ball, G.F.M. (2006). Analysis, Bioavailability, and Stability, Second Edition, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, 189-205.
- [4] Eittenmiller, R.R., Lin, Y.W.O., Landen, Jr. (2008) Vitamin B1, B2, B3, Vitamin analysis for food the health and food sciences, Second Ed. CRC Press, New York, 471-488.
- [5] Food, & Nutrition Board. (1998). Dietary reference intakes: a risk assessment model for establishing upper intake levels for nutrients. National Academies Press.
- [6] G.F.M. Ball. (2004) Vitamin B1, B2, B3, Vitamins: Their Role in the Human Body. Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK, 273-309.
- [7] Hur, S. J., Lim, B. O., Decker, E. A., & McClements, D. J. (2011). In vitro human digestion models for food applications. *Food Chemistry*, 125(1), 1-12.
- [8] Kall, M. A. (2003). Determination of total vitamin B6 in foods by isocratic HPLC: a comparison with microbiological analysis. *Food Chemistry*, 82(2), 315-327.
- [9] Köseoğlu, S. Z. A. (2019). A comparison of blood glucose and insulin responses in subjects with non-insulin dependent diabetes mellitus consuming potato alone, and potato with sunflower oil. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (15), 440-449.
- [10] Kurek, M. A., Wyrwicz, J., Karp, S., & Wierzbička, A. (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.
- [11] Lee, S. J., Lee, S. Y., Chung, M. S., & Hur, S. J. (2016). Development of novel in vitro human digestion systems for screening the bioavailability and digestibility of foods. *Journal of Functional Foods*, 22, 113-121.
- [12] Magaletta, R. L., DiCataldo, S. N., Liu, D., Li, H. L., Borwankar, R. P., & Martini, M. C. (2010). In vitro method for predicting glycemic index of foods using simulated digestion and an artificial neural network. *Cereal chemistry*, 87(4), 363-369.
- [13] Ndaw, S., Bergaentzle, M., Aoude-Werner, D., & Hasselmann, C. (2000). Extraction procedures for the liquid chromatographic determination of thiamin, riboflavin and vitamin B6 in foodstuffs. *Food Chemistry*, 71(1), 129-138.
- [14] 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. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(8), 831-837.
- [15] Turkomp .2019. www.turkomp.gov.tr, erişim tarihi 01.07.2019
- [16] TZOB, (2012) Kalori Tüketiminde Türkiye 15'inci. Yayın No: Kasım-2012, 2012: p. 44 Ankara.
- [17] Ünalsan, R., (1994) Household Food Consumption Expenditure (TC, DİE 1994 Hane Halkı Tüketim Harcamaları Anketi Sonuçlarından) [Master of Science Thesis]. Middle East Technical University, Department of Food Engineering.
- [18] Van den Berg, H., van der Gaag, M., & Hendriks, H. (2002). Influence of lifestyle on vitamin bioavailability. *International journal for vitamin and nutrition research*, 72(1), 53-59.

- [19] Wang, Q., & Ellis, P. R. (2014). Oat β -glucan: physico-chemical characteristics in relation to its blood-glucose and cholesterol-lowering properties. *British Journal of Nutrition*, 112(2), 4-13.
- [20] Yaman, M., Mızrak, Ö. F., Çatak, J., & Sargın, H. S. (2019). In vitro bioaccessibility of added folic acid in commercially available baby foods formulated with milk and milk products. *Food Science and Biotechnology*, 1-8.