



Karabuğday: Bileşimi ve Gıdalarda Kullanılması

Su Kılıç, Yeşim, Elmacı*

Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 35100 Bornova/İzmir, Türkiye

MAKALE BİLGİSİ

Derleme Makale

Geliş 28 Mayıs 2018
Kabul 27 Ağustos 2018

Anahtar Kelimeler:
Karabuğday
Karabuğday bileşimi
Pseudo-tahıl
Fonksiyonel gıda
Glutensiz gıda

*Sorumlu Yazar:

E-mail: yesim.elmaci@ege.edu.tr

ÖZ

Karabuğday (*Fagopyrum esculentum* Moench ve *Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn), bileşiminde yüksek oranda protein, diyet lif, vitamin, mineral madde, temel çoklu doymamış yağ asitleri bulundurmakta, başta rutin olmak üzere önemli antioksidanlar ve fenolik bileşenler için kaynak oluşturmaktadır. Protein biyo-yararlılığının yüksek olmasının yanı sıra gluten içermemesi nedeni ile çölyak hastalarının beslenmesine uygun, besleyici değeri yüksek önemli bir alternatif olmaktadır. Karabuğday, çeşitli yöresel ürünlerde ham bileşen olarak yer alıp insan beslenmesindeki yerini günümüze kadar korumuştur. Beslenmedeki öneminin ve sağlık üzerine olumlu etkilerinin son yıllarda yeniden keşfedilmesiyle birlikte beslenme ve birçok gıda formülasyonunda önemli bir bileşen olarak artan bir popülerlik ile kullanılmaktadır. Bu çalışmada, karabuğdayın kimyasal bileşimi ve karabuğday kullanılarak geliştirilen gıdalar hakkında bilgi verilmiştir.

Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 6(10): 1388-1401, 2018

Buckwheat: Composition and Potential Usages in Foods

ARTICLE INFO

Review Article

Received 28 May 2018
Accepted 27 August 2018

Keywords:
Buckwheat
Buckwheat composition
Pseudo-cereal
Functional food
Gluten-free food

*Corresponding Author:

E-mail: yesim.elmaci@ege.edu.tr

ABSTRACT

Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench and *Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn) contains high amounts of protein, dietary fiber, vitamins, minerals, essential polyunsaturated fatty acids and also a good source of important antioxidants such as rutin and phenolic compounds. In addition to its high protein bioavailability, buckwheat is also an important nutritional alternative to celiac patients due to gluten-free structure. Buckwheat has been utilized as a food raw material in production of various local food products. With the renewed interest due to its nutritive and health promoting value, it has been used with an increasing popularity as an important ingredient in diets and many new food products and also has significant potential for the functional food industry. In this study, chemical composition of buckwheat and literature on the present uses of buckwheat in foodstuffs are described.

Giriş

Karabuğday, Polygonaceae familyasının *Fagopyrum* türüne ait tek yıllık çift çenekli bir bitkidir (Zhang ve ark., 2012; Cai ve Corke, 2004). Kronik hastalıkların tedavisinde olumlu etkileri olan besleyici bir gıda olarak bilinen karabuğday, pseudo-tahıl özelliği göstermektedir ve büyük bir ekolojik uyarılığa sahiptir. Zorlu iklim ve toprak koşullarına sahip bölgeler de dahil hemen hemen her bölgede yetişebilmesine rağmen çoğunlukla kuzey yarımkürede yetişmektedir (Li ve Zhang, 2001; Zhang ve ark., 2012). En fazla karabuğday üretimi yapan ülkeler Çin, Rusya, Ukrayna ve Kazakistan'dır (Li ve Zhang, 2001; Bonafaccia ve ark., 2003). En fazla yetiştirilen türlerin, yaygın karabuğday olarak bilinen *Fagopyrum esculentum* Moench ve Tartar karabuğdayı olarak bilinen *Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn olduğu ifade edilmektedir. Tartar karabuğdayı, sahip olduğu acı tat ve kabuğundaki flavonoid miktarının fazlalığı nedeni ile de bilinmektedir. Bu iki türe kıyasla daha az yetiştirilen ve özellikle Asya'da yerel bir öneme sahip olan, altın veya uzun karabuğday olarak da bilinen türü ise *Fagopyrum dibotrys*'dir (Zhu, 2016; Cai ve Corke, 2004; Liu ve ark., 2006).

Karabuğday, çok yönlü kullanım olanağına sahip olup, ekmek, makarna, şehriye, kraker, kurabiye gibi temel gıda maddelerinde ve sirke, bira, çay, bal ve ispirto gibi diğer ürünlerde kullanılmakta, bunlara ek olarak hayvan beslenmesinde de yer almaktadır. Farklı kültürlerde, karabuğday eriştisi (soba-sobakiri, Japonya), yulaf lapası (porridge, Amerika), kaynatma, buhar ya da fırınla pişirilmiş taneler (kasha-groat, Rusya, Avrupa, Amerika), bir tür tatlı (crumpet, Hollanda), soğuk şehriye çorbası (naengmyeon, Kore), makarna (pizzoccheri, İtalya) vb. farklı yöresel ürünlerde de kullanılmaktadır (Dizlek ve ark., 2009). Gluten içermemesi nedeniyle, çölyak hastaları ve gluten intoleransı olan kişiler tarafından da tercih edilmektedir (Terpinic ve ark., 2016). Glutensiz ürünlerin besleyici kalitesi incelendiğinde bu ürünlerin çoğunun rafine unlar ve/veya nişastalar kullanılarak üretilmesi, besleyici değeri açıdan güçlendirme yapılmaması nedeniyle buğday içeren formuna göre düşük miktarlarda tiyamin, riboflavin, niasin, folat ve demir içerdiği bildirilmiştir (Thompson, 1999, 2000). Glutensiz diyet uygulayan çölyak hastası erişkin kadınların sırasıyla %46, %44 ve %31'inde lif, demir ve kalsiyumun yetersiz alındığı bildirilmiştir (Thompson ve ark., 2005). Bu ve benzeri çalışmalar, piyasada bulunan glutensiz ürünlerin besleyici kalitesinde halen iyileştirmeye ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir (Thompson, 2000). Glutensiz diyet takip etme zorunluluğu olmayan bireylerin de besleyiciliği olan bileşenler ile desteklenmiş sağlıklı ve dengeli bir diyet takip etmesinin birçok kronik hastalığı önlenmede önemli rol oynadığı epidemiyolojik çalışmalar ile bildirildiğinden (De Caterina, 2011) gıda ürünlerinin besleyici değeri yüksek karabuğday gibi bileşenlerle zenginleştirilmesi önem taşımaktadır.

Karabuğday, yüksek biyolojik değere ve fonksiyona sahip antioksidatif bileşenler, proteinler, polisakaritler, dirençli nişasta ve diyet lifi gibi bileşenlerin beslenmeye olan önemli katkıları ve sağlığa olan çok yönlü faydaları nedeniyle son yıllarda "yeniden keşfedilen" bir pseudo-tahıl olarak (Li ve Zhang, 2001; Wijngaard ve Arendt,

2006) yaygın biçimde akademik araştırmalara konu olmaktadır. Yapılan literatür taramasında ekmek, makarna, erişte, noodle, bisküvi, kurabiye, kek, çeşitli fermente ürünler ve yöresel tatlılar gibi gıdalarda karabuğdayın tek başına veya diğer tohum unları ile karışım olarak farklı oranlarda katkı ilaveli veya ilavesiz olarak kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmada karabuğdayın bileşimi ve karabuğday kullanılarak geliştirilen gıdalar hakkında bilgi verilmiştir.

Karabuğdayın Kimyasal Bileşimi

Karabuğdayın protein oranı, tür ve çeşidine bağlı olarak ortalama %8,5-19 arasındadır. Karabuğday, dengeli amino asit kompozisyonu ve yüksek biyolojik değere sahip olması nedeni ile yumurta proteininin biyolojik değerinin %92,3'üne karşılık gelmektedir (Wronkowska ve Haros, 2014; Dziadek ve ark., 2016). Karabuğday tanesi %64,5 oranında globülin, %12,5 albumin, %8,0 glutelin ve %2,9 prolamin içermektedir (Ikeda ve ark., 1991). Özellikle tahıllarda sınırlı miktarda bulunan lizin aminoasidi açısından oldukça zengin olan karabuğday (Yıldız ve Yalçın, 2013), fenilalanin (862 mg/100g) bakımından da kinoa, amarant ve pirinçten daha zengindir (Mota ve ark., 2016a). Karabuğday unu ve buğday unu arasındaki ana farklılık, karabuğdayın albümin ve globülin bakımından buğdaya göre zengin olması, prolamin ve glutelin oranının da düşük olmasıdır. Immünolojik analizler, karabuğdayın çölyak hastalarını etkileyebilecek seviyede toksik prolaminler içermediğini ortaya koymuştur (Aubrecht ve Biacs, 2001; Dizlek ve ark., 2009). Bunun yanında tanen, tripsin inhibitörü gibi bazı antibesin öğelerinin ve yüksek lif varlığından dolayı proteinin kısmen düşük sindirimi söz konusudur (Campbell, 1997; Kayashita ve ark., 1997; Dizlek ve ark., 2009; Wronkowska ve ark., 2010; Steadman ve ark., 2001a).

Karabuğday tanesinin toplam karbonhidrat oranı %67,8-70,1 arasında olup, bunun %54,5'ini nişasta oluşturmaktadır (Li ve Zhang, 2001; Steadman ve ark., 2001b). Kabuğu ayrılmış karabuğdayda ise ortalama karbonhidrat ve nişasta konsantrasyonu sırası ile 78,99 g/100g ve 49,35 g/100g olarak tespit edilmiştir. (Dziadek ve ark., 2016) Yaygın karabuğdaydaki amiloz konsantrasyonu %22-26 arasında (Li ve ark., 1997), nişastada bulunan toplam amiloz konsantrasyonu ise %36-43 arasında tespit edilmiştir (Gao ve ark., 2013). Karabuğday, yüksek oranda dirençli nişasta içerdiğinden düşük glisemik indeks değerine sahiptir (Skrabanja ve ark., 2001). Kabuğu ayrılmış ve bütün karabuğdayda dirençli nişasta konsantrasyonu sırası ile 6,13-11,04 g/100g ve 3,239-6,58 g/100g olarak belirlenmiştir (Dziadek ve ark., 2016). Yüksek oranda bulunan dirençli nişasta, kolon kanserini önlemede fayda sağlamakta (Skrabanja ve ark., 2004) ve laktik asit bakterilerinin bağırsak mikroflorasında gelişimine yardımcı olarak prebiyotik etki göstermektedir (Prestamo ve ark., 2003; Lin ve ark., 2009a). Farelerin karabuğday tüketimi ile bağırsaklarındaki Enterobacteria ve Bifidobacteria incelenmiş, aerobik mezofilik ve laktik asit bakterilerin oranının kontrol örneğine göre arttığı, patojen bakterilerin

ve Enterobacteria familyasına ait bakterilerin ise azaldığı tespit edilmiştir (Prestamo ve ark., 2003). Nişasta miktarı ve sindirilebilirliği, uygulanan ısıl işleme göre değişiklik gösterebilmektedir. Örneğin, otoklavda yapılan bir kurutma işleminde karabuğdayda bulunan dirençli nişasta miktarının %33,5'den %7,5'e düştüğü belirlenmiştir (Wijngaard ve Arendt, 2006; Skrabanja ve Kreft, 1998). Yüksek hidrostatik basınç uygulamasının, yaygın karabuğday nişastasının (Liu ve ark., 2016a) ve Tartar karabuğday nişastasının (Liu ve ark. 2016b), sıcaklık-nem işleminin Tartar karabuğday nişastasının (Liu ve ark., 2015b; Xiao ve ark., 2017) ve yaygın karabuğday nişastasının (Liu ve ark., 2015a) *in vitro* sindirilebilirlik, fizyokimyasal ve yapısal özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Çalışmaların sonucunda modifiye nişastanın fizyokimyasal özelliklerinde iyileşme, düşük *in vitro* hidroliz, az miktarda hızlı sindirilen nişasta ve yüksek miktarda yavaş sindirilen nişasta ve sindirilemeyen nişasta tespit edilmiş, kronik hastalıkların önlenmesinde ve termal stabilite gerektiren gıda ürünlerinin üretiminde modifiye nişastanın daha yüksek fayda sağlayacağı belirtilmiştir.

γ -ışınlamanın karabuğday nişastasının fizyokimyasal ve fonksiyonel özelliklerine etkisini araştıran bir diğer çalışmada amiloz konsantrasyonunun uygulanan ışıma dozu arttıkça düştüğü, diğer düşüşlerin ise pH değerinde ve şişme (jelleşme) gücünde olduğu, ayrıca sinerezis (serum ayrılması) tespit edildiği bildirilmiştir (Verma ve ark., 2018).

Karabuğday tohumları kabuklu ve kabuksuz olarak ıslak öğütme işlemine tabi tutulduğunda, ıslatma süresi uzadıkça, kabuklu karabuğdayın kabuksuz karabuğdaya göre jelatinizasyon ısısının düştüğü, jelatinizasyon entalpisinin arttığı, protein oranının yükseldiği ve izole edilen toplam nişasta miktarının arttığı tespit edilmiştir. İzole nişastanın işlenmiş yiyeceklerde kullanımının üründe önemli değişikliklere neden olmayacağı belirtilmiş, kabuk kısmının kullanılabilirliğinin ve ıslatma süresinin uzatılmasının ekonomik açıdan göz önünde bulundurulması gerektiği belirtilmiştir (Wronkowska ve Haros, 2014).

Karabuğday kabuğu, toplam diyet lif ve çözünebilir diyet lif bakımından zengin bir kaynaktır. Yaygın karabuğdayın tohumunda diyet lif oranı %27,38, ununda %6,77, Tartar karabuğday tohumunda %25,98, ununda %6,29 olarak bildirilmiştir (Bonafaccia ve ark., 2003). Karabuğday kabuğundaki ortalama diyet lif miktarı 79,11 g/100g, kabuğundan ayrılmış tohumda ise 4,43 g/100g olarak tespit edilmiştir (Dziadek ve ark., 2016). Kabuk kısmını içeren kepek fraksiyonunda toplam diyet lif oranı %40'dır ve bunun %25'ini çözünebilir diyet lifi oluşturmaktadır. Kabuk kısımlarını içermeyen karabuğday kepeğinde ise toplam diyet lif oranı %16'dır ve çözünebilir diyet lifi bu oranın %75'ini oluşturmaktadır (Steadman ve ark., 2001b). Karabuğday tanesindeki ham lif oranı %9,3-10,9, çözünen diyet lif oranı ise %20-30 olarak belirlenmiştir (Cai ve Corke, 2004). Karabuğday tam ununda ham lif oranı 10g/100g, kabuksuz karabuğday ununda ise 0,5g/100g olarak saptanmıştır (Li ve Zhang, 2001). Karabuğday kabuğunun ve çok ince öğütülmüş karabuğday kabuğunun diyet lif konsantrasyonlarını inceleyen bir çalışmada, öğütme işlemi ile toplam diyet lif ve çözünmeyen diyet lif

oranının azaldığı ve çözünebilir diyet lif oranının arttığı bildirilmiştir (Zhu ve ark., 2014). %36,5 protein ve %9,3 diyet lif (%74,5 çözünmeyen, %25,5 çözünebilir) içeren karabuğday unu ile beslenen farelerde hiperkolesterolemi, obezite ve safra taşı oluşumunun baskılandığını bildirmiştir (Tomotake ve ark., 2006).

Karabuğdayın toplam yağ içeriği %1,7-4,0 arasındadır. Bu oranın %40'ı çoklu doymamış yağ asitlerinden oluşurken, toplam yağ asitlerinin %80'ini doymamış yağ asitleri oluşturmaktadır (Yıldız, 2009; Léder ve ark., 2010). Karabuğdaydaki baskın yağ asidi içeriğini palmitik asit (%14,8), oleik asit (%36,5) ve linoleik asit (%35,5) oluşturmaktadır (Cai ve Corke, 2004). En düşük yağ miktarının kabukta (%0,4-0,7), en yüksek yağ miktarının ise embriyoda (%9,6-19,7) olduğu bildirilmiştir (Bonafaccia ve ark., 2003). Karabuğday öğütme ürünlerinin yağ konsantrasyonları, karabuğday ununda ortalama %0,5-1,81 arasında (Skrabanja ve ark., 2004; Baljeet ve ark., 2010), kabuksuz unda %2,77 (Torbica ve ark., 2010), beyaz unda %1,26 (Atalay, 2009) olarak tespit edilmiştir.

Karabuğday genel olarak pirinç, sorgum, mısır, buğday ve diğer tahıllardan daha zengin mineral içeriğine sahiptir (Wijngaard ve Arendt, 2006). Karabuğday taneleri çinko, bakır, mangan ve selenyum gibi mikro elementler (Stibilj ve ark., 2004) ve potasyum, sodyum, kalsiyum, magnezyum gibi makro elementler bakımından önemli bir kaynaktır (Wei ve ark., 2003). Karabuğday tanesinde bulunan bazı mineraller Steadman ve ark. (2001a) tarafından K (565 mg/100g), P (490 mg/100g), Mg (267 mg/100g), Ca (19,7 mg/100g), Fe (3,03 mg/100g), Zn (2,92 mg/100g), Mn (1,64 mg/100g) olarak bildirilmiştir.

Mineral madde oranı çeşitli pişirme yöntemlerinden etkilenmektedir. Karabuğday, amarant, kinoa ve pirinç ile yapılan bir çalışmada, tüm örnek çeşitlerinde buhar uygulamasının kaynatma uygulamasına göre mineral madde korunumu açısından daha uygun olduğu, karabuğdayın uygulanan yöntemlerde diğer örneklerle göre daha stabil bir yapı gösterdiği bildirilmiştir (Mota ve ark., 2016b).

Vitamin çeşitliliği bakımından da zengin olan karabuğday, A (karotenoidler), B1 (tiamin), B2 (riboflavin), B3 (niasin), B5 (pantotenik asit), B5 (piridoksin), C (askorbik asit) ve E (tokoferoller) vitaminlerini içermektedir. B1, B2, B3, B5 ve B6 vitaminlerinin konsantrasyonları sırasıyla 0,22, 0,1, 1,8, 1,1 ve 0,17 mg/100g, toplam tokoferol konsantrasyonu ise 1,43 – 5,5 mg/100g olarak bildirilmiştir (Bobkov, 2016).

Karabuğday, myo-inositol ve D-chiro-inositol (DCI) bakımından da oldukça zengindir (Bobkov, 2016). Kan basıncını, glikoz konsantrasyonunu ve plazma trigliseritlerini azaltma gibi işlevlere sahip olan DCI, Tartar karabuğdayı çayında ve tohumda sırası ile 0,37-0,39 mg/g kuru ağırlık, 18-0,23 mg/g kuru ağırlık oranlarında, Tartar karabuğday noodle ürününde (0,106-0,147 mg/g kuru ağırlık) ve krakerde (0,099-0,104 mg/g kuru ağırlık) ise düşük oranlarda tespit edilmiştir (Zhang ve ark., 2012). DCI, myo-inositol ve fagopritol içeren karabuğday konsantrasyonunun streptozosin-diyabetik farelere intragastrik uygulamasının (10-20 mg DCI/kg vücut ağırlığı) serum glikoz konsantrasyonlarını etkili bir şekilde düşürdüğü (%12-19 oranında, uygulamadan 90-120 dk. sonra) ve karabuğdayın diyabet tedavisinde fayda sağlayabileceği bildirilmiştir (Kawa ve ark., 2003).

Karabuğday, birçok tahıla göre fenolik bileşen içeriği ve antioksidan aktivite bakımından daha yüksek değerlere sahiptir (Inglett ve ark., 2011; Sedej ve ark., 2012; Zielinski ve ark., 2009). Karabuğday dışında diğer tahıllar ve pseudo-tahıllar rutin içermediğinden, karabuğday rutin bakımından majör beslenme kaynağı olarak bilinmektedir (Kreft ve ark., 2006). Özellikle Tartar karabuğdayı, yaygın karabuğdaya göre daha fazla oranda biyoaktif bileşen içermektedir. Rutin konsantrasyonu Tartar karabuğdayında 81 mg/g, yaygın karabuğdayda ise 0,2 mg/g tespit edilmiştir (Fabjan ve ark., 2003). Karabuğday, rutin yanı sıra tokoferoller (Giménez-Bastida ve ark., 2015), antosiyaninler (Watanabe, 2007) ve fenolik asitler gibi önemli antioksidanları bünyesinde bulundurmaktadır (Seo ve ark., 2015). Karabuğday tohumlarında, protokateşik, sirincik, vanilik ve sinapik asitler ile rutin ve kuersetin tespit edilmiş (Sedej ve ark., 2012), yaygın Tartar karabuğdayının filizlerinde ise klorojenik asit, kateşin, rutin, orientin, isoviteksin, viteksin ve kuersetin tespit edilmiştir (Kim ve ark., 2011; Lee ve ark., 2014). Toplam polifenol konsantrasyonu karabuğday kabuğunda 479,65 mg/100g, bütün karabuğday tohumunda ise ortalama 339,45 mg/100g, antioksidan konsantrasyonu kabuğundan ayrılmış karabuğday tohumunda en yüksek 34,93 µmol Trolox/g bütün karabuğday tohumunda ise ortalama 45,23 µmol Trolox/g olduğu bildirilmiştir (Dziadek ve ark., 2016). Kabuk kısmındaki majör fenolikler viteksin/isoviteksin (101,65-188,78 mg/100g), hiperin (53,55-274,10 mg/100g) ve rutin (62,43-173,57 mg/100g) olarak belirtilmiştir. Kepek ve endospermdeki baskın fenolik maddenin ise epikateşin gallat olduğu ve kepek kısmında ortalama 150,44-354,67 mg/100g, endospermde ise 19,65-73,92 mg/100g konsantrasyonlarında bulunduğu tespit edilmiştir (Zhang ve ark., 2017).

Karabuğdayın antioksidan özelliğinin ve fenolik bileşen konsantrasyonunun, uygulanan farklı yöntemlere göre değişiklik gösterdiğini bildiren çalışmalar mevcuttur (Şensoy ve ark., 2006; Zielinski ve ark., 2006; Zhang ve ark., 2010; Glavac ve ark., 2017; Zhou ve ark., 2015; Yiming ve ark., 2015; Terpinc ve ark., 2016; Molinari ve ark., 2017; Qin ve ark., 2017). Ekstrakte edilmiş tam karabuğday ununun 200°C'de 10 dk. tavlama sonrasında apolar ve polar bileşenlerde, ekstrüzyon uygulaması (170°C) sonrasında ise sadece polar bileşenlerde artış olduğu tespit edilmiştir. Antioksidan aktivitenin tavlama işlemi sonrasında azaldığı ancak ekstrüzyon işlemi sonrası bir değişiklik olmadığı bildirilmiştir. Toplam fenolik içeriğinin ise tavlama işlemi sonrasında tam ve rafine karabuğday unlarında değişmediği belirtilmiştir (Şensoy ve ark., 2006). Kabuğundan ayrılmış karabuğday tohumlarının 120, 160, 200°C sıcaklıklarda ekstrüde edilmesi sonucunda işlem görmemiş kontrol örneğine göre, tokoferol ve tokotrienol oranı toplamda %62, inositol fosfat oranı %13, redükte glutasyon oranı %42 azalmıştır. Melatonin ve toplam polifenolde üç kat azalma tespit edilmiş, kontrol örneğinde bulunan süperoksit dismutaz benzeri aktivitenin ise tespit edilmediği bildirilmiştir. Fenolik asit içeriğinde (bağlı ve serbest formlarında) iki kat artış tespit edilmiştir. Antioksidan oranındaki azalmaya rağmen (%10), uygulama sonrasında da karabuğdayın biyoaktif bileşen bakımından önemini koruduğu bildirilmiştir (Zielinski ve ark., 2006). Tartar karabuğdayı ile yapılan bir çalışmada, tavlama, basınçlı buhar ve mikrodalg

ısıtma uygulamaları sonucunda flavonoidler gibi antioksidan bileşenlerin ve kapasitenin önemli ölçüde azaldığı ancak toplam fenolik içeriğinin toplam fenonoid içeriği kadar azalmadığı, toplam fenoliklerin korunumunun Maillard reaksiyonu sırasında oluşan bileşenlerin maskeleye yapmasından kaynaklanabileceği bildirilmiştir. Basınçlı buhar ile ısıtma uygulamasının bu üç yöntem arasında fenolik içeriğini ve antioksidan aktiviteyi en çok olumsuz etkileyen yöntem olduğu belirtilmiştir (Zhang ve ark., 2010). Tartar karabuğdayındaki toplam fagopirin konsantrasyonunun buhar uygulamasından sonra 3 kat azaldığı, buhar uygulanmış kabuksuz tohumdaki konsantrasyonun 3,35 mg/g olduğu, marketlerden temin edilmiş kavrulmuş ticari ürünlerde ise ortalama konsantrasyonun 3-4 mg/g olduğu bildirilmiştir. Buhar uygulama işleminin, fagopirinlere etkisi kadar olmasa da rutin miktarını da azalttığı bildirilmiştir. Fagopirinlerin aksine rutinün büyük oranda kabuksuz tohum kısmında yer aldığı (8,26 mg/g), marketlerden temin edilmiş kavrulmuş ticari ürünlerdeki rutin konsantrasyonun 3,37 mg/g-6,28 mg/g aralığında olduğu belirtilmiştir. Ham tahıldaki kuersetin konsantrasyonu 0,04 mg/g, buhar uygulama işlemi sonrasında 0,23 mg/g tespit edilmiştir. En yüksek fagopirin (80,37 mg/g) ve rutin (32,45 mg/g) konsantrasyonunun kabuk kısmında olduğu belirlenmiştir. Ekmek yapımında ise fagopirin konsantrasyonunda düşüş olduğu saptanmıştır. Yapılan bu analizler sonucunda fagopirinlerin ekmek yapımı sürecinden etkilenmediği ancak buhar uygulamasından etkilendiği bildirilmiştir. Rutinin enzimatik indirgenmesi ile oluşan kuersetinin ise 0,03 mg/g'dan 6,53 mg/g'a arttığı tespit edilmiştir (Glavac ve ark., 2017). 45°C'deki yüksek basınç uygulanmasının karabuğdayın antioksidan aktivitesini ve demir bağlama kapasitesini oda sıcaklığında yüksek basınç uygulanmış veya işlem uygulanmamış karabuğdaya göre arttırdığı bu nedenle söz konusu uygulamanın karabuğdayın besleyici değerlerini arttırmak amacıyla kullanımının tercih edilebileceği bildirilmiştir (Zhou ve ark., 2015).

Yaygın karabuğday tohumlarının filizlendirilmesi ile antioksidan aktivite, toplam polifenol ve rutin konsantrasyonlarının arttığı bildirilmiştir (Yiming ve ark., 2015). Yaygın karabuğdayın toplam fenolik bileşen ve antioksidan aktivitesinde maltlama işleminin 64. saatinden sonra sırası ile %122 ve %106 oranlarında artış olduğu (Terpinc ve ark., 2016), Tartar karabuğdayı tohumunda ise en yüksek konsantrasyonlara 88. saatin sonunda ulaşıldığı, işlem sonunda fenol konsantrasyonunun 47,7-58,8 mg GAE/g kuru ağırlık olduğu rapor edilmiştir (Molinari ve ark., 2017). Düşük konsantrasyonlardaki sodyum bikarbonatın Tartar karabuğdayı filizlerinde flavonoid, toplam fenolik bileşen ve (DCI) konsantrasyonları ile antioksidan ve α-glukosidaz inhibitör aktivitelerini arttırdığı bildirilmiştir (Qin ve ark., 2017).

Karabuğday Kullanılarak Geliştirilen Gıdalar

Karabuğday ve ürünlerinin ekmek, bisküvi, kurabiye, muffin, kek, makarna, erişte, noodle, kraker, cips, çeşitli fermente ürünler ve tatlılarda kullanıldığı birçok çalışma bulunmaktadır. Karabuğdayın kullanıldığı gıdalar ile ilgili çalışmalar Tablo 1'de görülmektedir. Çalışmalara ait detaylı bilgi ise aşağıda verilmektedir.

Tablo1 Bileşiminde karabuğday öğütme ürünleri kullanılarak geliştirilmiş gıdalar

Table 1 Food products developed using buckwheat grinding products in their composition

Karabuğdayın Kullanıldığı Gıdalar	Kaynaklar
Ekmek	Ran ve Soon, 2000; Klava, 2004; Renzetti ve ark., 2008; Alvarez-Jubete ve ark., 2009; Atalay ve ark., 2009; Lin ve ark., 2009b; Mezaize ve ark., 2009; Renzetti ve Arendt, 2009; Yıldız, 2009; Bojnanska ve Urminska, 2010; Coda ve ark., 2010; Özer ve ark., 2010; Torbica ve ark., 2010; Peressini ve ark., 2011; Yarpuz, 2011; Smerdel ve ark., 2012; Lin ve ark., 2013; Costantini ve ark., 2014; Hayıt, 2014; Rózyło ve ark., 2015; İldız, 2015; Luksic ve ark., 2015; Buresova ve ark., 2017; Verardo ve ark., 2018
Bisküvi, Kurabiye	Altındağ, 2011; Hadnađev ve ark., 2013; Filipcev ve ark., 2011; Hidalgo ve ark., 2018; Kaur ve ark., 2015; Molinari ve ark., 2017; Sakac ve ark., 2015; Sakac ve ark., 2016; Torbica ve ark., 2012; Yamsaengsung ve ark., 2012; Yıldız, 2012
Muffin, Kek	Adalı ve ark., 2015; Antoniewska ve ark., 2018
Makarna, Erişte, Noodle	Rayas-Duarte ve ark., 1996; Handoyo ve ark., 2006; Manthey ve Hall, 2007; Bilgiçli, 2008; Bilgiçli, 2009; Schoenlecher ve ark., 2010; Han ve ark., 2012; Yoo ve ark., 2012; Biney ve Beta, 2014; Cho ve ark., 2014; Cho ve Lee, 2015; Jambrec ve ark., 2015; Bai ve ark., 2017; Öncel, 2017
Fermente Ürünler	Bilgiçli, 2009b; Kang ve Kim, 2009; Gandhi ve Dey, 2013; Matejcekova ve ark., 2017; Wronkowska ve ark., 2018
Kraker, Cips	Sedaj ve ark., 2011; Taşkırdı, 2011
Tatlı, Gofret Yaprağı	Bulut, 2013; Mert, 2014; Kavrut, 2015

Ekmek

Glutensiz ekmeklerin besleyici değerlerinin iyileştirilmesi amacıyla gerçekleştirilen çalışmalarda karabuğday kullanıldığı görülmektedir (Alvarez-Jubete ve ark., 2009; Costantini ve ark., 2014; Verardo ve ark., 2018; Lin ve ark., 2009b; Klava, 2004). Karabuğday unu ilavesi ile hazırlanan ekmek örneklerinde linoleik, oleik ve palmitik asit oranları yüksek bulunurken, karabuğday filizi unu (KFU) ile hazırlanan örneklerde ek olarak α -linoleik asit oranının da yüksek olduğu tespit edilmiştir. KFU kullanıldığında protein, diyet lifi ve kül oranlarının karabuğday ununa göre sırası ile %3,2, %4,2, %1 oranlarında arttığı, toplam nişasta oranının ise %17,8 oranında azaldığı bildirilmiştir. (Alvarez-Jubete ve ark., 2009). Çiya tohumu unu ve Tartar karabuğday unu kullanılarak üretilen glutensiz ekmeğin, buğday unu ile hazırlanmış kontrol örneğine göre daha yüksek oranda antioksidan aktivite (%75), protein (%20), çözünmeyen diyet lifi (%74), kül (%51), α -linoleik asit (%67,4) içerdiği, daha düşük oranda enerji (%14) ve karbonhidrat (%24) içerdiği ve çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyonunun önlenmesine yardımcı olduğu bildirilmiştir. Çalışmada ideal formül %90:10 Tartar karabuğday unu:çiya unu olarak tespit edilmiştir (Costantini ve ark., 2014). Beyaz buğday unu ekmeğinin toplam fenolik içeriğinin karabuğday unu ilavesi ile 126 mg/kg arttığı tespit edilmiştir (Verardo ve ark., 2018). %15 yaygın karabuğday unu (kabuklu ve kabuksuz) ilavesi ile hazırlanan iki karabuğday ekmeğinde bulunan toplam serbest amino asit içeriği (86,36-87,73 mg/g), beyaz ekmekten (73,90 mg/g) daha fazla bulunmuştur. Söz konusu ekmeklerde lezzet artırıcı madde olan 5'-nükleotidlerin ve umami yoğunluğun da daha fazla bulunduğu bildirilmiştir (Lin ve ark., 2009b). %15 oranında eklenen karabuğday ununun optimum formülasyonu sağladığını bildiren bir diğer çalışmada karabuğday ilaveli örneklerde lif, linoleik asit, linolenik asit, B1 ve B5 vitamin miktarlarında artış tespit edilmiştir (Klava, 2004).

Karabuğday ununun ekşi maya fermentasyonunda kullanıldığı çalışmalar mevcuttur (Coda ve ark., 2010; Rózyło ve ark., 2015; Lukšič ve ark., 2016). Ekşi maya fermentasyonu ile γ -aminobutirik asit bakımından zenginleştirilmiş fonksiyonel ekmek üretimi amacıyla kinoa, amarant, nohut ve karabuğday unu karışımı, ekmek mayası, *L. plantarum* C48 ve *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* PU1 ekşi mayaları ile fermente edilmiştir. Çalışma sonucunda, ekşi maya ekmeklerinin daha yüksek oranda serbest amino asit, γ -aminobutirik asit, fenolik bileşen ve antioksidan aktiviteye sahip olduğu, *in vitro* nişasta hidrolizinin daha düşük olduğu, lezzet ve genel kabul edilebilirliklerinin ise daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Coda ve ark., 2010). Taze ekşi maya hamurunun dondurularak kurutulması ile, ön fermentasyon işleminin elimine edildiği ve taze ekşi maya hamuru gibi üretimde doğrudan kullanılabilmesi bildirilmiştir. Dondurarak kurutma işlemi için uygun olan ideal karabuğday ilave miktarı %20 ve %30 olarak, ideal dondurarak kurutma sıcaklığı ise 40°C olarak belirlenmiştir. Ekmek hacminde en az değişikliğin yüksek sıcaklıklarda (60°C) tespit edildiği ancak, bu sıcaklıklarda hafif derecede yanmış aroma bulunduğu bildirilmiştir (Rózyło ve ark., 2015). Karabuğday unu ile ekşi mayalı ekmek üretiminin fermentasyon aşamasında rutinün kuersetine dönüştüğünü belirleyen çalışmada, rutin ve kuersetin konsantrasyonları sırası ile kullanılan Tartar karabuğday ununda 14,6 mg/g, 1,9 mg/g, ekşi maya hamur starterinde 1,5 mg/g, 12,5 mg/g, ekşi maya hamurunda 3,2 mg/g, 8,1 mg/g olarak tespit edilmiş, ekşi maya ekmeğinin ise 5,0 mg/g kuersetin içerdiği ancak rutin içermediği bildirilmiştir (Lukšič ve ark., 2016).

Çeşitli glutensiz unlar ve nişastaların yapı geliştirme potansiyelleri düşük olduğundan bu maddeler kullanıldığında proteinler, hidrokolloid bağlayıcı ajanlar ve diğer katkı maddeleri ekmeklerin fiziksel özelliklerinin, kabulünün ve raf ömrünün artırılması için kullanılmaktadır (Capriles ve Arêas, 2014). Farklı emülgatörlerin farklı un kaynaklarında kullanımı ürün

özelliklerinde (sakızimsılık, çignenebilirlik, sertlik, pişme kaybı, renk vb.) değişiklik oluşturduğundan, üretilecek ürüne göre uygun emülgatör seçimi de önem taşımaktadır (İldız, 2015). Katkı maddelerinin bu amaçlar doğrultusunda karabuğday unu içeren ekmeğin üretiminde kullanılmasını araştıran çeşitli çalışmalar bulunmaktadır (Hayıt, 2014; Renzetti ve ark., 2008; İldız, 2015; Mezaize ve ark., 2009; Yarpuz, 2011; Peressini ve ark., 2011; Atalay, 2009; Yıldız, 2009; Bojnanska ve Urminka, 2010; Özer ve ark., 2010; Renzetti ve Arendt, 2009; Smerdel ve ark., 2012; Ran ve Soon, 2000). Farklı oranlarda tam karabuğday unu, transglutaminaz (TG) ve iki farklı yaş maya (yaş maya ve ekşi maya) kullanılarak üretilen kısmi pişirilmiş dondurulmuş ekmeğin farklı depolama süreleri sonundaki kalite değişimleri incelendiğinde, en fazla %10 oranında tam karabuğday unu, enzimsiz ve ekşi maya kullanımı ile veya buğday unu ile 50 ppm TG ve yaş maya kullanımı ile 45 günlük bir depolama süresince kabul edilebilir nitelikte ekmeğin üretiminin yapılabileceği bildirilmiştir (Hayıt, 2014). Karabuğday ilaveli ekmeğin hamurlarına TG ilavesinin hamurun deformasyona karşı direncini ve elastikiyetini attırdığı, hamurun pseudoplastik davranışını geliştirici etki göstererek ekmeğin yapısal özelliklerini iyileştirdiği ve karabuğday ununun TG için en uygun substrat olduğu bildirilmiştir (Renzetti ve ark., 2008). Pirinç, mısır, karabuğday unları ve lesitin, diasetil tartarik asidin monogliserit esteri (DATEM), destile monogliseritler, sodyum stearol 2-laktilat (SSL) (%0,0-1,0 oranlarında) ile FO ve OVALETTE ticari emülgatör karışımları (%0,0-6,0 oranlarında) kullanılarak üretilen ekmeğin formülasyonda artan emülgatör seviyesinin tüm ekmeğin yapışkanlık, elastikiyet ve esneklik değerlerini önemli seviyede azalttığı, hacmi ise artırdığı bildirilmiştir. Buğday unu ile üretilen kontrol ekmeğine en yakın özelliklere sahip glutensiz ekmeğin, karabuğday unlu formüle %6 oranında FO ilavesiyle elde edildiği bildirilmiştir (İldız, 2015). Fransız ekmeğinin kalitesine benzer özellik gösteren ekmeğin üretimini amaçlayan çalışmada katkı olarak %1,9 oranında guar gam ve karabuğday ununun %5 oranında ilavesi ile optimum benzerliğin sağlandığı bildirilmiştir. Karabuğday ununun, diğer unlar arasından en uygun un olarak seçildiği, ilavesinin ekmeğin kalitesinde iyileşme, özgül hacimde artış ve daha yumuşak bir doku sağladığı belirtilmiştir (Mezaize ve ark., 2009). Guar gam (%0, 0,5 ve 1) ile mono ve di gliseritlerin diasetil tartarik asit esterlerinin (%0 ve 1) kullanıldığı bir çalışmada, karabuğday ilaveli ekmeğin ağırlık, hacim, ekmeğin içi sertlik değerleri ile kül, protein, yağ, selüloz ve mineral madde (Cu, Mg, K, P, Fe ve Zn) miktarlarının olumlu etkilendiği, fitik asit miktarının ise arttığı bildirilmiştir. Çalışmanın sonucunda %1 guar gam ve %1 DATEM kombinasyonunun, karabuğday unu katkılı ekmeğin teknolojik özelliklerini geliştirdiği, %10 karabuğday unu ilaveli ekmeğin duyusal olarak en fazla tercih edildiği bildirilmiştir (Yarpuz, 2011). Karabuğday unu ve pirinç unu ile glutensiz ekmeğin üretiminde %0,5-1,5 oranlarında eklenen ksantan gamın depolama katsayısını daha fazla attırdığı, propilen glikol aljinatın ise yüksek özgül hacim, ekmeğin içi sıklığı ve yapı oluşturduğu bildirilmiştir (Peressini ve ark., 2011). Tam karabuğday unu ile SSL + TG kombinasyonunun kullanılmasının hamur işleme

özellikleri, teknolojik, besleyici ve duyusal özellikler bakımından en iyi sonucu verdiği, karabuğday öğütme ürünlerinin (beyaz un, tam un ve kepek) kullanımı nedeni ile hamur stabilitesinde oluşan azalmaya olumlu etki ederek ekmeğin hacminde iyileşme, iç kısımda 72 saat süren yumuşaklık ve ekmeğin renginde açıklık sağladığı bildirilmiştir. Özellikle karabuğday kabuğu eklenmesi ile kül, protein, lif, yağ ve mineral içeriklerinde önemli artışlar tespit edildiği, duyusal olarak ise beyaz karabuğday unu ve tam karabuğday unu kullanılarak üretilen ekmeğin, buğday unu ile üretilen kontrol ekmeğinin özellikleri ile benzerlik gösterdiği bildirilmiştir (Atalay, 2009). Vital gluten ve (SSL) kullanılan bir diğer çalışmada, buğday ununa farklı oranlarda karabuğday tam unu (KBTU) ilavesi ile hazırlanan hamur ve ekmeğin (bazlama, lavaş ve yufka) örneklerinde, KBTU içeren hamurun reolojik özelliklerindeki olumsuz etkilerin kısmen giderildiği bildirilmiştir. Kül, selüloz, fitik asit ve Fe, K, Mg ve P minerallerinin oranlarında artış tespit edilirken, mayalı üretilen bazlama ve lavaş ekmeğindeki fitik asit kaybı, mayasız yufka ekmeğine göre daha fazla tespit edilmiştir. Duyusal değerlendirme sonucunda katkı ilavesi ile hazırlanan örneklerde, bazlama formülünde %30, lavaş ve yufka formülünde %40'a kadar KBTU ikamesinin, kontrole eşdeğer veya daha yüksek genel kabul edilebilirlik değerleri verdiği belirlenmiş, tüm ekmeğin çeşitlerinde katkı ilavesi ile %20-30 KBTU kullanımının mümkün olabileceği bildirilmiştir (Yıldız, 2009). Vital gluten ilavesinin karabuğday unu kullanımı nedeni ile ekmeğin hacmindeki azalmayı engelleyerek ekmeğin hacminde artışa neden olduğu belirtilmiştir (Bojnanska ve Urminka, 2010). Karabuğday unu ile DATEM ve fosfolipaz kullanımlarının hamur kalitesini iyileştirdiği, %40'a kadar olan karabuğday unu ilavesinin su absorpsiyonunu attırdığı hamur stabilitesini azalttığı bildirilmiştir (Özer ve ark., 2010). Proteazın karabuğday unu ekmeğinin yapısal özelliklerine olumsuz etki ettiği, glukoz oksidazın ise etkisinin olmadığı bildirilmiştir (Renzetti ve Arendt, 2009). Karabuğday ununun çeşitli glutensiz unlar, transglutaminaz ve farklı protein kaynakları (yumurta beyazı tozu, soya izolatu, kazeinat) ile birlikte kullanılması ile üretilen glutensiz ekmeğinden en çok tercih edilen formülün ekstrude karabuğday unu, yumurta beyazı tozu ve 10 IU transglutaminaz/gram protein olduğu belirlenmiş, teknolojik ve besleyici kalitesinin iyileştiği bildirilmiştir (Smerdel ve ark., 2012). Gluten, aminoasit, hidroksipropilmetilselüloz ilavesi ile formüle edilen buğday unu-karabuğday unu ekmeğinin ağırlığının ve sertliğinin ilave edilen karabuğday yüzdesi ile arttığı ve ekmeğin içi yapışkanlığının azaldığı belirtilmiştir (Ran ve Soon, 2000).

Yüzde 15 oranında kabuklu ve kabuksuz karabuğday unlarının buğday ununa ilavesi ile üretilen katkı maddesiz ekmeğinin buğday ekmeğine göre daha sert, yapışkan ve sakızimsı bir yapıya ve daha fazla nem oranına sahip olduğu, depolama sırasında ise daha az oranda bakteriyel gelişim gösterdiği bildirilmiştir. (Lin ve ark., 2013). Karabuğday unu ve pirinç unu (30 g/100g; 50 g/100g) ile üretilen glutensiz ekmeğinin hamur özelliklerinde ve ekmeğin kalitesinde tespit edilen iyileşmenin diğer un çeşitlerine göre daha yüksek potansiyele sahip olduğu bildirilmiştir (Buresova ve ark., 2017). Bir diğer

çalışmada, karabuğday unu ilavesinin %10'dan %20'ye çıkarılması ile depolama katsayısının ve akma gerilimi değerinin arttığı, %30'dan fazla eklemenin ise bu iki değerde azalmaya neden olduğu bildirilmiştir. Kabuksuz karabuğday ununun ise %10 ve %20 oranlarında eklenmesinin depolama katsayısında ve akma gerilimi değerinde azalmaya neden olduğu, %30'dan fazla eklenmesinin bu iki değere etki etmediği belirtilmiştir. Karabuğday ununun formüldeki oranının artmasıyla hamurun mayalanması için gereken sürenin ve su tutma kapasitesinin arttığı, stabilitenin ve proteinin yapı kalitesinin ise azaldığı bildirilmiştir (Torbica ve ark., 2010).

Bisküvi / Kurabiye

Tüketime hazır atıştırmalıklar arasında, bisküvi ve benzeri ürünler nispeten uzun raf ömrüne sahip olması, tüketime hazır olması, doyurucu ve ucuz olması gibi birçok özellikleri nedeni ile önemli bir tüketim alanına sahiptir (Akubor, 2000; Hooda ve Jood, 2003). Katkı maddesi ilavesi ile teknolojik ve duyuşsal özellikler bakımından kabul edilebilir nitelikte bisküvi ve kurabiye üretiminin gerçekleştirildiği çeşitli çalışmalar mevcuttur (Yıldız, 2012; Hadnađev ve ark., 2013; Kaur ve ark., 2015). Farklı emülgatör çeşitlerinden SSL+Lesitin kombinasyonunun %10 karabuğday unu ile birlikte kullanılması ile üretilen bisküvilerin optimum kalite ve besleyiciliği sağladığı, duyuşsal değerlendirmede en çok tercih edilen örnek olduğu ve karabuğday unu ilavesiz bisküviler ile istatistiksel olarak farkının bulunmadığı bildirilmiştir (Yıldız, 2012). Karabuğday unu ve karboksimetil selüloz (CMC) kullanılarak üretilen glutensiz kurabiye hamurunun, buğday unu kurabiye hamuruyla benzer mukavemet ve uzayabilirliğe sahip olduğu tespit edilmiş ve tüketici kabul edilebilirliğinin daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Hadnađev ve ark., 2013). Karabuğday unu ve 1g/100g oranında çeşitli gamlar (guar gam, gam akasya, ksantan gam ve kitre gamı) kullanılarak üretilen bisküvilerden özellikle ksantan gam içerenlerin renk, görünüş, aroma ve toplam kabul edilebilirlik bakımından daha iyi sonuç verdiği bildirilmiştir. Karabuğday unu içeren örneklerde, sadece buğday unu içerenlere göre daha yüksek su miktarı, çap, kalınlık, ağırlık ve daha düşük kırılma kuvveti tespit edilmiştir. Duyusal analizler sonucunda en yüksek puanı buğday unu kurabiyelerinin aldığı, gam ilaveli kurabiyelerin ise sadece karabuğday unu ile hazırlanan kurabiyelerden daha yüksek puana sahip olduğu belirtilmiştir (Kaur ve ark., 2015).

Yapılan çalışmalar, formüle ilave edilen karabuğdayın son ürünlerdeki fenolik bileşen ve antioksidan aktiviteyi attırdığını göstermektedir (Molinari ve ark., 2017; Hidalgo ve ark., 2018; Sakac ve ark., 2015; Filipcev ve ark., 2011). %70 pirinç unu ve %30 karabuğday maltı kullanılarak üretilen glutensiz kurabiyelerde yüksek toplam fenolik bileşen, kuersetin, antioksidan aktivite ve düşük glisemik indeks tespit edilmiş, en yüksek antioksidan aktiviteye çimlendirilmenin 88. saatinin sonunda ulaşılmış, fenolik bileşenlerden kuersetin, orientin ve viteksinde önemli oranlarda artış, rutinde ise düşük oranda artış tespit edilmiştir (Molinari ve ark., 2017). Çeşitli tahıllar kullanılarak hazırlanan su bisküvilerinde en yüksek karotenoid ve tokol oranı siyez

ve karabuğday ile zenginleştirilmiş örneklerde tespit edilirken, yüksek konjüge çözünür fenolik asit ve yüksek toplam polifenol oranı karabuğday ve kinoa ile zenginleştirilmiş bisküvilerde tespit edilmiştir. (Hidalgo ve ark., 2018). Pirinç unu ve rafine karabuğday unu kullanarak üretilen glutensiz kurabiyelerden, mineral içeriği ile antioksidan kapasite artışı bakımından optimum değere sahip örneklerin pirinç unu: rafine karabuğday unu oranı 80:20 veya 70:30, duyuşsal analizler bakımından optimum değere sahip olanın ise 80:20 olduğu bildirilmiştir (Sakac ve ark., 2015). Tarçınlı fındıklı bisküvi üretiminde buğday ununa ilave edilen karabuğday ununun kullanılabilirliğini ve çavdar unu ikamesi olarak kabul edilebilirliğini araştıran çalışmada, karabuğday unu örneklerinin toplam polifenol, antioksidan ve şelatlama aktivitesi çavdar unu örneklerinden önemli derecede yüksek bulunurken lif, Cu, Mn ve Fe oranlarındaki artışın çavdar unu örneklerinden daha yüksek olmadığı tespit edilmiş, duyuşsal olarak %40 karabuğday ilavesinin ideal olduğu bildirilmiştir. (Filipcev ve ark., 2011). Farklı oranlarda (0-100%) nohut ununun amarant ve karabuğday unularına eklenmesi ile üretilen glutensiz kurabiyelerde, amarant unu ve karabuğday unu ile formüle edilenler için ilave edilebilecek optimum nohut unu oranı %60-80 olarak belirlenmiştir (Yamsaengsung ve ark., 2012).

Karabuğday unu içeren glutensiz kurabiyelerin raf ömrü ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde paketlenmiş ve paketlenmemiş glutensiz pirinç-karabuğday kurabiyelerinin depolama süresince sertlik, karakteristik olmayan aroma değerlerinde artma, kırılmalık değerinde ise azalma tespit edilmiştir. Kurabiyelerdeki yüksek antioksidan kapasitenin, rutinden kaynaklandığı ve raf ömrünün uzamasında önemli bir rol oynadığı belirtilmiştir. Depolama süresince toplam polifenol ve rutin miktarının pirinç-karabuğday unu kurabiyelerinde farklı oranlarda azalmasının lipid oksidasyonunun önlenmesinde antioksidanların aktif rol oynadığının göstergesi olarak kabul edilmiştir. Ambalajsız ve ambalajlı depolanan kurabiyelerde aldehit konsantrasyonundaki önemli değişimin, oda sıcaklığında ($23 \pm 1^\circ\text{C}$) yapılan depolamada sırası ile 11. ve 14. aylarda, yüksek sıcaklıkta ($40 \pm 1^\circ\text{C}$) yapılan depolamada ise sırası ile 3. ve 4. aylarda tespit edilmiş, bu aylar ürünlerin raf ömrü süresinin sonu olarak belirlenmiştir. Karakteristik olmayan aroma oluşumunun yüksek sıcaklık depolamasında, ambalajsız kurabiyelerde 1. ayda, ambalajlı olanlarda ise 2. ayın sonunda oluşmaya başladığı rapor edilmiştir (Sakac ve ark., 2016). TG katkılı ve katkısız olarak hazırlanan farklı oranlarda karabuğday unu ve çeşitli unlar içeren modifiye atmosferde paketlenmiş (%70 N₂ ve %30 CO₂) kurabiyelerin, tiyobarbitürik asit (TBA) değerine ve kurabiyelerden ekstrakte edilen yağların peroksit ve p-anisidin değerlerine un tipinin, TG ilavesinin ve depolama süresinin etki ettiği ancak serbest yağ asitliği değerine TG ilavesinin etki etmediği bildirilmiştir. Duyusal analizler sonucunda, karabuğday-mısır unu (%50-50) formülasyonu ile hazırlanan ve TG içermeyen kurabiyeler daha çok beğenildiği saptanmıştır. Karabuğday unu (%100) ve karabuğday-mısır unu (%50-50) formülasyonu ile hazırlanan kurabiyelerin raf ömrünün 6 aydan daha az olduğu, karabuğday-pirinç unu (%50-50) ve karabuğday-mısır-pirinç unu (%50-25-25) kombinasyonu ile

hazırlanan kurabiyelerin ise en az 6 ay bozulmadan kalabileceği tespit edilmiştir (Altındağ, 2011).

Pirinç Unu

Karabuğday unu (90:10, 80:20, 70:30) kullanılarak formüle edilmiş glutensiz kurabiyeler teknolojik özellikler bakımından kabul edilebilir bulunurken, duysal değerlendirmeler sonucunda ise eklenebilecek ideal karabuğday unu oranı %20 olarak belirlenmiştir. Fizikokimyasal analizler sonucunda karabuğday ve pirinç unu karışımındaki protein/nişasta oranının, buğday unundaki oran ile benzer olduğu ve ortalama parçacık boyutu/nişasta hasarı oranının kurabiye yapımı için uygun olduğu fakat kurabiye hamurunun karışımındaki nişastanın yapısı aksine daha iri taneli un parçacıklarına ihtiyaç duyduğundan nişasta hasarına neden olabileceği bu nedenle de yapışkan bir yapı oluşturduğu bildirilmiştir (Torbica ve ark., 2012).

Muffin / Kek

Buğday ununun, karabuğday yulafı-amarant unu (K-A) (17-50%) ile ikamesiyle üretilen muffinlerde, K-A oranı arttıkça antioksidan aktivitenin, tekli ve çoklu doymamış yağ asidi ve lif oranının arttığı, yüksek oranda K-A (%33 veya %50) eklenmesi ile besleyici değeri ve antioksidatif özelliklerin arttığı, hidropersit dekompozisyonunun önemli ölçüde engellendiği dolayısıyla ikincil toksik lipit oksidasyon ürünlerinin oluşmasına da engel olduğu bildirilmiştir. İkincil lipit oksidasyon ürünlerinin oluşumu da dikkate alındığında %33 veya %50 ikame ile formüle edilmiş muffinlerin depolanmasında uygun sürenin 2 ay olduğu bildirilmiştir (Antoniewska ve ark., 2018). Karabuğday öğütme ürünleri (açık renkli, koyu renkli ve tam karabuğday unu) ev tipi kek formülasyonuna farklı oranlarda eklendiğinde açık renkli karabuğday unu kullanılan örneklerin duysal tercih puanının, öğütme ürünleri %100 oranında eklendiğinde ise yine açık renkli karabuğday unu içeren keklerin lezzet puanlarının daha yüksek bulunduğu bildirmiştir (Adalı ve ark., 2015).

Makarna / Erişte / Noodle

Gluten, kuvvetli protein ağları sayesinde pişme süresince dağılmayı engellediğinden makarna ve benzeri ürünlerin glutensiz veya daha az oranlarda gluten ile hazırlanması daha zor olmaktadır (Gallagher ve ark., 2004). Formülasyona eklenen karabuğday ununun, makarna (Rayas-Duarte ve ark.,1996; Manthey ve Hall, 2007; Biney ve Beta, 2014; Jambrec ve ark., 2015; Schoenlecher ve ark., 2010), erişte (Bilgiçli, 2009a; Bilgiçli, 2008; Öncel, 2017) ve noodle (Cho ve Lee, 2015; Cho ve ark., 2014; Yoo ve ark., 2012; Han ve ark., 2012; Bai ve ark., 2017) ürünlerinin teknolojik, duysal ve besleyici özelliklerine etkisini inceleyen çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Rafine ve tam karabuğday ununun %5-30 oranlarında buğday ununa ilavesi ile üretilen spagettilerde, karabuğday unu oranının artmasıyla lizin miktarının arttığı, yapı ve aroma özelliklerindeki değişimin ise rafine karabuğday ununda %30, tam karabuğday ununda ise %15 düzeyinden sonra olduğu bildirilmiştir (Rayas-Duarte ve ark., 1996). %25 oranında karabuğday kepeği eklenerek üretilen spagettilerde 90°C'de uygulanan kurutmada protein içeriği

etkilenmeksizin lizin oranında %31, kül oranında %28 azalma, mineral, protein ve amino asit oranlarında ise artış tespit edilmiştir (Manthey ve Hall, 2007). Karabuğday unu ve kepeği ile zenginleştirilmiş spagettilerin, kontrol örneğine göre toplam fenolik madde içeriğinin %114-522, toplam flavonoid içeriğinin %50-242, antioksidan aktivitenin %359'dan fazla artış gösterdiği, genel olarak karbonhidrat sindirilebilirliğinin arttığı ve indirgen şeker oranının da azaldığı bildirilmiştir. Pişme kaybının ise özellikle kepek eklendiğinde daha fazla olduğu belirtilmiştir (Biney ve Beta, 2014). %10-30 oranlarında otoklavlanmış karabuğday ununun tagliatelle formülasyonuna eklenmesi ile un ve makarnada serbest fenolik madde oranının azaldığı, bağlı fenolik madde oranını ise arttığı, pişme sırasındaki fenolik madde kaybının (%48,1-61,1) ise kontrol örneğindeki kayıp (%57,6) ile aynı olduğu tespit edilmiştir. Otoklavlanmış karabuğday unu ile üretilen ürünlerde, rutin kuersetine dönüşümü tespit edilmemiştir (Jambrec ve ark., 2015). Yumurta beyazı tozu (%6) ve emülgatör distile monogliserid (%1,2) eklenmesinin, karabuğday:kinoa:amarant (60:20:20) un karışımı ile hazırlanmış makarnada pişme kaybını azalttığı, yapı sıklığı, pişme kalitesi ve yüzey pürüzsüzlüğünü attırdığı, buğday unu ile hazırlanan makarna örneğine kıyasla kabul edilebilir bulunduğu bildirilmiştir. Sadece karabuğday unu ile hazırlanan makarna örneğinde ise, sadece amarant ve kinoa örneğine göre daha az olumsuz etki tespit edilmiştir (Schoenlecher ve ark., 2010).

KBTU'nun %40 oranına kadar buğday ununa ilavesiyle hazırlanan erişte örneklerinde, yüksek oranda KBTU içeren eriştelerin kül, selüloz, ham yağ, K, Mg, P mineralleri ve fitik asit oranlarının buğday unu ile hazırlanan kontrol örneğine göre arttığı, %40 KBTU içerenlerin nişasta oranının ise kontrol örneğine göre %7 azaldığı bildirilmiştir. Duysal değerlendirmeler sonucunda, %20 KBTU ilavesinin renk özelliği hariç teknolojik ve duysal özellikler bakımından pişme kaybı oluşturmadan optimum koşulları sağlayabildiği bildirilmiştir (Bilgiçli, 2009a). Karabuğday unu: pirinç unu: mısır nişastası (20:40:40, 30:35:35) ve %3 ksantan gam ilavesi ile üretilen glutensiz eriştelerden %30 karabuğday unu ilaveli olanının en yüksek hacim ve ağırlık artışına neden olduğu bildirilmiştir. Pişme kaybı ise tüm örneklerde kontrol örneğine göre daha fazla tespit edilmiştir. Kül, ham yağ, fitik asit, K ve Mg oranları ile kırmızılık değerinin karabuğday unu eklenmesi ile arttığı, %30 karabuğday unu ilavesinin en çok beğenilen örnek olduğu bildirilmiştir (Bilgiçli, 2008). Karabuğday, kinoa ve amarantın farklı kombinasyonlarda ve %30 oranında ikamesi ile hazırlanan eriştelerde, kontrol örneğine kıyasla suya geçen madde miktarının en fazla karabuğday ilaveli örneklerde olduğu, ağırlık artışının ise en fazla kinoa ve karabuğday ilaveli örneklerde olduğu tespit edilmiştir. Tüm kriterler değerlendirildiğinde en uygun formülasyonun %20 amarant + %10 kinoa olduğu ifade edilmiştir (Öncel, 2017).

Buğday bazlı noodle ürünlerinin önemli kalite özelliklerinden taviz vermeden rutin bakımından zenginleştirilebileceği, önemli oranda korunabileceği ve çeşitli işlemler ile kaybın azaltılabileceği bu sayede rutin beslenmeye dahil edilip sağlık faydalarından yararlanılabileceği belirtilmektedir (Cho ve Lee, 2015;

Cho ve ark., 2014; Yoo ve ark., 2012). Ekstraksiyon ile karabuğdayın öğütme ürünlerinden elde edilen rutin ile zenginleştirilmiş ürünün (31,8 g/100g rutin), buğday ununun %1'i ve %2'si oranında formülasyona eklenmesi ile elde edilen rutin bakımından zenginleştirilmiş buğday bazlı kızarmış instant noodle örneklerinde rutin konsantrasyonunun (250-500 mg/100g) önerilen günlük rutin tüketim miktarına eşdeğer olduğu, kızartma ısısının (150-190°C), süresinin (1-3 dk) ve noodle prosesinin rutin konsantrasyonuna olumsuz etki etmediği, rutinin güçlü antioksidan özelliğinin son ürünün depolanmasında oksidatif bozulmayı geciktirdiği bildirilmiştir (Cho ve Lee, 2015). Karabuğday kabuğu kullanılarak üretilen rutin bakımından zenginleştirilmiş (29,6 g/100g) ürünün buğday ununa ilavesi (%2, 4, 6) ile üretilen noodle ürününün önerilen günlük rutin miktarını karşılayabileceği, antioksidan aktiviteyi ve demir indirgeme özelliğini iyileştirdiği bildirilmiştir (Cho ve ark., 2014). Hidrotermal işlemler (buhar ve otoklav) uygulanmış karabuğday unları ile rutin kaybı azaltılmış noodle üretimini amaçlayan bir çalışmada, 60 dakika su ile muamele sonucunda işlem görmemiş kontrol karabuğday unundaki rutin miktarı 3,74 g/100g'dan 0,31 g/100g'a düşerken, hidrotermal işlem görmüş karabuğday ununda sabit kaldığı tespit edilmiştir. Son üründeki rutin miktarı, hidrotermal işlem görmemiş karabuğday unu ile üretilen kontrol örneğinde 0,27 g/100g, hidrotermal işlem gören karabuğday unu ile üretilen örnekte ise 0,83 g/100g olarak belirlenmiştir. Hidrotermal işlem görmüş karabuğday unu ile hazırlanan hamurun viskoelastik özelliklerinin düşük, su absorpsiyonunun yüksek ve karıştırma süresinin uzun olduğu bildirilmiştir. En fazla rutin korunumu buhar uygulamasında tespit edilmiştir (Yoo ve ark., 2012).

Kalsiyum hidroksidin %4 oranında eklenmesi ile pişmiş karabuğday noodlelarında en yüksek gerilme direncine ve kesme kuvvetine ulaşıldığı, %4'den fazla eklenme ile bu özelliklerin etkisinin azaldığı, düşük konsantrasyonlarda (\leq %0,4) eklenmenin ise nişasta granüllerinin çiğnenme ve parçalanma özelliklerini Ca^{2+} -nişasta ve $Ca(OH)^+$ -nişasta kompleksleri oluşturarak iyileştirebileceği bildirilmiştir. Daha az gözenekli, kompakt ve homojen noodle yapısına, nişasta granüllerindeki amilozun salınımı nedeni ile karabuğday eklemenin olumlu katkı sağladığı bildirilmiştir (Han ve ark., 2012). Yarı kurutulmuş karabuğday noodlelarında ozonlanmış su kullanımının (2,21 mg/L) başlangıçtaki mikrobiyal yükte azalmaya neden olduğu, modifiye atmosfer ambalajlamanın ise mikrobiyal gelişmeyi baskıladığı dolayısıyla asitleşmenin ve kalite bozulmasının azalmasını sağladığı belirtilmiş, $N_2:CO_2$ (30:70) karışımı ile paketlenen ürünlerin yapı ve duyu özelliklerinin bozulmadan 9 gün kalabildiği tespit edilmiştir (Bai ve ark., 2017).

Fermente Ürünler

Tarhana üretiminde ilave edilen karabuğday unu miktarı arttıkça kül, protein, yağ, selüloz ve mineral (K, Mg, P) konsantrasyonlarının ve fermantasyon kaybının arttığı, karabuğday unundaki yüksek fitik asit konsantrasyonunun (1.565 mg/100g), üretim sürecinde %98,7 oranına kadar azaldığı, %40 oranında ilave edilen karabuğday ile lisin konsantrasyonunda önemli artışın

tespit edildiği bildirilmiştir. %40'a kadar eklenecek karabuğday ununun ürünün fiziksel, fonksiyonel ve duyu özelliklerini iyileştirebileceği belirtilmiştir (Bilgiçli, 2009b). Karabuğday püresinin laktik asit bakterisi ve probiyotik tür olan *Lactobacillus rhamnosus* GG. ile fermente edilmesi sonucunda bakteriyel gelişimin ve soğuk depolamada korunumunun yüksek olduğu ve kabul edilebilir tada sahip olduğu bildirilmiştir (Matejcekova ve ark., 2017). 8 farklı *Lactobacillus* türü kullanılarak karabuğday ununun sıvı faz fermantasyonu ile üretilmiş su bisküvilerinde, çözünebilir protein miktarı en yüksek *L. plantarum* IB ile fermente edilen bisküvilerde, en düşük ise *L. acidophilus* V ile fermente edilen bisküvilerde tespit edilmiştir. Esmerleşme indisini ve sertliği en çok attıran tür *L. plantarum* IB olurken, toplam koloni sayımında en yüksek bakteriyel gelişimi gösteren tür *L. Rhamnosus* GG (8,42 logCFU/mL) olmuştur. Çalışma sonucunda, fermente edilerek üretilen su bisküvileri, fermente olmayan kontrole göre daha tercih edilir, parlak, hafif ve yumuşak yapıda bulunduğu karabuğday ununun sıvı faz fermantasyonu için laktik asit bakterilerinin kullanımının uygun olabileceği belirtilmiştir (Wronkowska ve ark., 2018). Karabuğdayın *Lactobacillus delbrueckii* subsp. Lactis ile fermentasyonu incelendiğinde, hamurdaki toplam fenolik içeriğinin 2,73 mg gallik asit/g'dan 7,64 mg gallik asit/g'a yükseldiği, 72 saatlik fermantasyonun sonucunda antioksidan özelliğinin (DPPH) %44,32'den %88,98'e, demir iyonu indirgeyici antioksidan gücün ise %14,43'den %25,68'e yükseldiği bildirilmiştir (Gandhi ve Dey, 2013). Yoğurt üretiminde %5 ve %10 oranlarında karabuğday filizlerinin kullanımının, antioksidan aktivite başta olmak üzere kuersetin ve fenolik bileşikleri arttırdığı ancak laktik asit fermantasyonu nedeni ile rutin içeriğini azalttığı bildirilmiştir (Kang ve Kim, 2009). *Rhizopus oligosporus* ile buhar işlemi uygulanmış karabuğday tanelerinin fermantasyonu sonucu hipoalerjenik karabuğday unu üretimini ve soba noodle ürünlerinde kullanımını amaçlayan bir çalışmada, toplam amino asit oranının, özellikle izolösin, lösin, lisin, valin, glisin, histidin, tirozin ve γ -amino bütirik asit dahil olmak üzere bazılarında 50 kata kadar arttığı ve *R. oligosporus*'un karabuğdayın alerjenik proteinlerini azaltmada çok etkili olduğu, fitik asit oranında ise %70-90 azalma sağladığı bildirilmiştir. Örneklerin, normal karabuğday unu ile üretilen kontrol örneklerine göre daha elastik ve yumuşak bir yapıya ve daha kahverengi bir görünüme sahip olduğu, fonksiyonel ve reolojik özellikler bakımından ise kullanımının uygun olduğu belirtilmiştir (Handoyo ve ark., 2006).

Kraker / Cips

Buğday unu krakerlerinde ve karabuğday (rafine ve tam) unu krakerlerinde protokateşik asit ve ferulik asit tespit edilmişken, rutin ve kuersetin flavonoidleri sadece karabuğday unu krakerlerinde tespit edilmiştir. Toplam fenolik ve tokoferol konsantrasyonu ile antioksidan aktivite, karabuğday krakerlerinde buğday krakerlerine göre oldukça yüksek oranlarda bulunmuştur. Tam karabuğday unu ile yapılan krakerler ile buğday krakerleri arasında önemli bir duyu kalite farkı tespit edilmediği bildirilmiştir (Sedej ve ark., 2011). Farklı oranlarda karabuğday unu ile zenginleştirilmiş buğday unu ve dört

farklı kızartma sıcaklığı kullanılarak üretilen cipslerin kül miktarının karabuğday unu ilavesi ile arttığı, yağ miktarının tüm cips örneklerinde kızartma sıcaklığının artması ile azaldığı ancak, karabuğday unu ilavesi ile arttığı tespit edilmiştir. Duyusal analiz sonuçlarına göre tüm örnekler arasından en çok beğenilen örneğin 170°C'de kızartılan, %50 oranında karabuğday unu içeren cipsler olduğu bildirilmiştir (Taşkırdı, 2011).

Şerbetli Tatlılar

Glutensiz tulumla tatlısı üretiminde karabuğday unu kullanılarak kontrol örneğine en yakın üretilen örneğin sabit bileşenlerle birlikte yaklaşık 68:32 oranlarında karabuğday unu:patates nişastası karışımı, %175,87 su, %0,132 CMC ve %2,2 soya proteini içerdiği bildirilmiştir. Kontrol örneğine kıyasla yapılan duyusal değerlendirmelerde en yüksek puanı sırasıyla karabuğday, mısır, pirinç ve kontrol örneklerinin aldığı, farklılığı oluşturan parametrelerin görünüş, simetri ve genel kabul edilebilirlik olduğu, diğer parametrelerde farklılığın bulunmadığı bildirilmiştir (Bulut, 2013). Glutensiz revani tatlısı üretiminde karabuğday ununa patates nişastasının ilave edilmesinin tüketilebilirliği attığı, karabuğday unu içeren formülasyon için kontrol revanisine en yakın glutensiz revaninin %62,5:37,5 un:mısır irmiği karışımı olduğu bildirilmiştir. Ancak duyusal testler sonucunda karabuğday unu içeren revaninin en düşük puanı aldığı belirlenmiştir (Kavrut, 2015).

Gofret Yaprağı

Yüksek kalite ve besleyici değere sahip glutensiz gofret yaprağı üretimi amacıyla çeşitli unlar ve oranlar kullanılarak hazırlanan tüm örneklerin Power yasasına uyduğu, 60:40 oranında pirinç unu:karabuğday unu içeren örneğin ise tutarlılık göstergesi ve akış davranışı göstergesi değerleri bakımından buğday unu içeren örneğe en yakın olduğu tespit edilmiş ve aynı zamanda kalite açısından da glutensiz gofret yaprağı için en iyi formülasyon olduğu bildirilmiştir (Mert, 2014).

Sonuç

Karabuğday, kimyasal kompozisyonunda bulunan yüksek konsantrasyondaki antioksidanlar, fenolik bileşenler, vitamin ve minerallerin yanı sıra, protein oranının ve biyolojik değerinin yüksek olması, dengeli amino asit kompozisyonuna sahip olması, çoklu doymamış yağ asitleri bakımından ve sağlığa çok yönlü faydası bulunan diyet lifleri bakımından zengin olması nedeni ile birçok tahıldan farklı ve önemli bir konuma sahiptir. Bu nedenle karabuğdayın çeşitli öğütme, filiz ve modifiye ürünlerinin ekmek, makarna, erişte, noodle, bisküvi, kurabiye, kek, çeşitli fermente ürünler ve yöresel tatlılar gibi ürünlerin bileşimine kısmi veya tam oranda katılmasına, bu sayede besleyici değeri yüksek yeni ve çeşitli fonksiyonel gıdaların üretimine olanak sağlamaktadır. Çölyak hastalarının ve gluten intoleransı olan kişilerin de güvenle tüketebileceği pseudo-tahıllardan olan karabuğday, düşük glisemik indekse sahip olması nedeniyle diyabetik tüketiciler için de dengeli besleyici değere sahip, lezzetli ve çeşitli fonksiyonel gıdaların üretimine alternatif sunmaktadır.

Yapılan çalışmalar sonucunda, karabuğday

nişastasının sindirilebilirliğinin uygulanan teknolojik işlemlere göre değişiklik gösterebildiği, yüksek hidrostatik basınç ve sıcaklık-nem uygulamalarının nişastanın fizikokimyasal özelliklerini iyileştirdiği, yavaş sindirilen ve sindirilemeyen nişasta oranını attırarak düşük *in vitro* hidroliz oluşturduğu, termal stabilite gerektiren ürünlerde ve kronik hastalıkların önlenmesinde yardımcı olarak kullanımının yüksek fayda sağlayabileceği belirtilmektedir. Amiloz konsantrasyonunu azaltan γ -ışınlarının teknolojik özelliklere olumlu etkisinin olduğu, özellikle donmuş gıdalarda kullanımının fayda sağlayabileceği bildirilmiştir. Çeşitli öğütme işlemlerinin ise nişasta ve diyet lif oranlarına etki edebileceği, mineral madde oranının ve protein sindirilebilirliğinin çimlendirme işlemi ile artabileceği, çeşitli pişirme işlemleri ile son ürünlerdeki mineral kaybının azaltılabileceği belirtilmiştir. Karabuğdayın kimyasal bileşiminde yüksek oranda bulunan antioksidan, flavonoid, polifenol, özellikle de rutin bileşeninin konsantrasyonlarının maltlama, çimlendirme, LED uygulamaları ile NaHCO₃ ve L-fenilalanin ilaveleri ile artırılabilmesi, yüksek sıcaklık ekstrüzyonu, tavlama, basınçlı buhar ve mikroalga işlemleri ile farklı bileşenlerde farklı etkiler oluşturabileceği bildirilmiştir. Karabuğdaydan çeşitli yöntemler ile elde edilen rutin bakımından zenginleştirilmiş ara ürünlerin ekmek, makarna, noodle gibi birçok ürün formülasyonuna eklenmesi ile rutin miktarı yüksek son ürünlerin üretimi mümkün olmaktadır. Karabuğdayın bileşiminde bulunan tanen, tripsin inhibitörü ve fitik asit gibi bazı antibesin öğelerin çeşitli fermentasyon yöntemleri ile son ürünlerde önemli oranlarda azaltılabileceği, bu sayede tüketim oranının artırılabilmesi görülmektedir. Karabuğday öğütme ürünlerinin kullanımı ile oluşan bazı teknolojik zorluklar ve duyusal beğeniyi etkileyen olumsuzlukların katkı maddeleri ilavesi ile iyileştirilebileceği bildirmektedir.

Özellikle gluten içeren yöresel ürünlerin gluten oranının azaltılması veya glutensiz diyeteye uygun hale getirilmesi ve/veya besleyici değerinin artırılması için literatürde sınırlı sayıda yer alan mevcut çalışmalara ek, yeni çalışmaların yapılması, yöresel lezzetlere ait ürün çeşitliliğinin artmasına fayda sağlayabilecektir. Ancak, kullanılan teknolojik işlem veya işlemler, formülasyondaki karabuğday ürününe, diğer bileşenlere, katkı maddesi veya kombinasyonuna ve tüm bileşenlerin oranına göre ürünün üretim sırasında besleyici değeri ile teknolojik ve duyusal kalitelerinde farklılıklar oluşturduğundan, üretimi hedeflenen ürüne özel çalışmaların yapılması önem taşımaktadır. Söz konusu parametreler depolama sırasında da farklılık oluşturduğundan, optimum depolama parametrelerinin ve ambalajlama yöntemlerinin belirlenmesi, besleyici değeri ve teknolojik özellikleri korunmuş ürünlerin daha fazla tüketicieye ulaştırılmasına olanak sağlayacağından önem teşkil etmektedir. Karabuğday bileşenlerinin modifiye edilmesinde ve ürünlerin üretiminde alternatif teknolojilerin ve alternatif starter kültürlerin uygulanabilirliğinin incelenmesi, karabuğdayın insan sağlığına olan faydasının, teknolojik kalitenin ve duyusal beğeninin artması açısından da önem taşıdığından yeni çalışmalara yer verilmesinin faydalı olabileceği de görülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma 16-MÜH-013 no'lu E.Ü. Bilimsel Araştırma Projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Proje kapsamında vermiş olduğu maddi destek için Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Şube Müdürlüğü'ne teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Adalı MB, Türkmen B, Elmacı, Y. 2015. Karabuğday öğütme ürünlerinin kek formülasyonunda kullanılması. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Bölümü Bitirme Tezi, İzmir, Türkiye. 34s.
- Akubor PI, Isolokwu PC, Ugbane O, Onimawo IA. 2000. Proximate composition and functional properties of African breadfruit kernel and wheat flour blends. *Food Res Int.*, 33: 707-712. DOI: 10.1016/S0963-9969(00)00116-2
- Altındağ G. 2011. Karabuğday, mısır ve pirinç unundan üretilen kurabiyelerin bazı kalite özellikleri ve raf ömürlerinin belirlenmesi. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Antalya, Türkiye, 117s.
- Alvarez-Jubete L, Arendt EK, Gallagher E. 2009. Nutritive value and chemical composition of pseudocereals as gluten-free ingredients. *Int J Food Sci Nutr.*, 4: 240-257. DOI: 10.1080/09637480902950597
- Antoniewska A, Rutkowska J, Pineda MM, Adamska A. 2018. Antioxidative, nutritional and sensory properties of muffins with buckwheat flakes and amaranth flour blend partially substituting for wheat flour. *LWT - Food Sci Technol.*, 89: 217-223. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.10.039
- Atalay MH. 2009. Karabuğday (*Fagopyrum esculentum*) öğütme ürünlerinin ekmeğin üretiminde kullanılma imkanları. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi Konya, Türkiye, 74s.
- Aubrecht E, Biacs PA. 2001. Characterization of buckwheat grain proteins and its products. *Acta Alimentaria*, 30(1): 71-80. DOI: 10.1556/aalim.30.2001.1.8
- Bai Y-P, Guo X-N, Zhu K-X, Zhou H-M. 2017. Shelf-life extension of semi-dried buckwheat noodles by the combination of aqueous ozone treatment and modified atmosphere packaging. *Food Chem.*, 237: 553-560. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.05.156
- Baljeet SY, Ritika BY, Roshan LY. 2010. Studies on functional properties and incorporation of buckwheat flour for biscuit making. *Int Food Res J.*, 17: 1067-1076.
- Bilgiçli N. 2008. Utilization of buckwheat flour in gluten-free egg noodle production. *JFAE.*, 6(2): 113-115.
- Bilgiçli N. 2009a. Effect of buckwheat flour on cooking quality and some chemical, antinutritional and sensory properties of erişte, Turkish noodle. *Int J Food Sci Nutr.*, 60(S4): 70-80. DOI: 10.1080/09637480802446639
- Bilgiçli N. 2009b. Effect of buckwheat flour on chemical and functional properties of tarhana. *LWT - Food Sci Technol.*, 42: 514-518. DOI: 10.1016/j.lwt.2008.09.006
- Biney K, Beta T. 2014. Phenolic profile and carbohydrate digestibility of durum spaghetti enriched with buckwheat flour and bran. *Food Sci Technol.*, 57: 569-579. DOI: 10.1016/j.lwt.2014.02.033
- Bobkov S. 2016. Biochemical and Technological Properties of Buckwheat Grains. (Zhou M.). *Molecular Breeding And Nutritional Aspects of Buckwheat*. Oxford: Academic Press. ss: 423-440. DOI: 10.1016/B978-0-12-803692-1.00034-1. ISBN:978-0-12-803692-1.
- Bojnanska T, Urmanska D. 2010. Influence of Natural Additives On Protein Complex of Bread. *Potravinárstvo Ročník*, 4: 1-5. DOI: 10.5219/77
- Bonafaccia G, Marocchini M, Kreft I. 2003. Composition and technological properties of the flour and bran from common and tartary buckwheat. *Food Chem.*, 80: 9-15.
- Bulut B. 2013. Glutensiz tulumba tatlısı üretimi üzerine bir araştırma. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Iğdır, Türkiye, 104s.
- Buresova I, Tokar M, Marecek J, Hrivna L, Famera O, Sotnikova V. 2017. The comparison of the effect of added amaranth, buckwheat, chickpea, corn, millet and quinoa flour on rice dough rheological characteristics, textural and sensory quality of bread. *J Cereal Sci.*, 75: 158-164. DOI: 10.1016/j.jcs.2017.04.004
- Cai YZ, Corke H, Li WD. 2004. Buckwheat. *Encyclopedia of Grain Science*, Wrigley, C., (chief ed.) Oxford: Elsevier Academic Press, pp. 120-128. DOI: 10.1016/B0-12-765490-9/00022-7; ISBN: 978-0-12-765490-4
- Campbell C, G. 1997. Buckwheat: *Fagopyrum Esculentum* Moench. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. IPGRI., Rome, Italy, 95 p.
- Capriles V, Arêas JAG. 2014. Novel approaches in gluten-free breadmaking: Interface between food science, nutrition and health. *Compr Rev Food Sci Food Sci F.*, 13(5): 871-890. DOI: 10.1111/1541-4337.12091
- Cho YJ, Bae, IY, Inglett GE, Lee S. 2014. Utilization of tartary buckwheat bran as a source of rutin and its effect on the rheological and antioxidant properties of wheat-based products. *Ind Crops Prod.*, 61:211-216. DOI: 10.1016/j.indcrop.2014.07.00
- Cho YJ, Lee S. 2015. Extraction of rutin from Tartary buckwheat milling fractions and evaluation of its thermal stability in an instant fried noodle system. *Food Chem.*, 176: 40-44. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.12.020
- Coda R, Rizzello CG, Gobetti M. 2010. Use of sourdough fermentation and pseudo-cereals and leguminous flours for the making of a functional bread enriched of g-aminobutyric acid (GABA). *Int J Food Microbiol.*, 137(2-3): 236-245. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2009.12.010
- Costantini L, Lukšić L, Molinari R, Kreft I, Bonafaccia G, Manzi L, Merendino N. 2014. Development of gluten-free bread using tartary buckwheat and chia flour rich in flavonoids and omega-3 fatty acids as ingredients. *Food Chem.*, 165: 232-240. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.05.095
- De Caterina R. 2011. Drug therapy: n-3 Fatty acids in cardiovascular disease. *N Engl J Med.*, 364: 2439-2450. DOI: 10.1056/NEJMra1008153
- Dizlek H, Özer MS, İnanç E, Gül H. 2009. Karabuğday'ın (*Fagopyrum esculentum* Moench) bileşimi ve gıda sanayiinde kullanım olanakları. *GIDA*, 34(5): 317-324.
- Dziadek K, Kopec A, Pastucha E, Piatkowska E, Leszczynska T, Pisulewska E, Witkiewicz R, Franick R. 2016. Basic chemical composition and bioactive compounds content in selected cultivars of buckwheat whole seeds, dehulled seeds and hulls. *J Cereal Sci.*, 69: 1-8. DOI: 10.1016/j.jcs.2016.02.004
- Fabjan N, Rode J, Kosir IJ, Whang Z, Zhang Z, Kreft I. 2003. Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) as a source of dietary rutin and quercetin. *J Agric Food Chem.*, 51: 6452-6455. DOI: 10.1021/jf034543e
- Filipev B, Šimurina O, Sakac M, Sedej I, Jovanov P, Pestoric M, Bodroza-Solarov M. 2011. Feasibility of use of buckwheat flour as an ingredient in ginger nut biscuit formulation. *Food Chem.*, 125: 164-170. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.08.055
- Gallagher E, Gormley TR., Arendt ER. 2004. Recent advances in the formulation of gluten - free cereal - based products. *Trends Food Sci Technol.*, 15: 143-152. DOI: 10.1016/j.tifs.2003.09.012

- Gandhi A, Dey G. 2013. Fermentation responses and in vitro radical scavenging activities of *Fagopyrum esculentum*. *Int J Food Sci Nutr.*, 64(1): 53–7. DOI: 10.3109/09637486.2012.710891
- Gao JF, Chao GM, Yang QG, Liu XJ, Wang PK. 2013. Physicochemical properties of common buckwheat starch. *CASE.*, 29: 284-292.
- Giménez-Bastida JA, Piskula M, Zieliński H. 2015 Recent advances in development of gluten-free buckwheat products. *Trends Food Sci Technol.*, 44: 58-65. DOI: 10.1016/j.tifs.2015.02.013
- Glavac NK, Stojilkovski K, Kreft S, Park CH, Kreft I. 2017. Determination of fagopyrins, rutin, and quercetin in Tartary buckwheat products. *J Food Sci Technol.*, 79: 423-427. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.01.068
- Hadnadev TRD, Torbica AM, Hadnadev MS. 2013. Influence of buckwheat flour and carboxymethyl cellulose on rheological Behaviour and baking performance of gluten - free cookie dough. *Food Bioprocess Tech.*, 6: 1770-1781. DOI: 10.1007/s11947-012-0841-6
- Han L, Lu Z, Hao X, Cheng Y, Li L. 2012. Impact of calcium hydroxide on the textural properties of buckwheat noodles. *J Texture Stud.*, 43: 227-234. DOI: 10.1111/j.1745-4603.2011.00331.x
- Handoyo T, Maeda T, Urisu A, Adachi T, Morita N. 2006. Hypoallergenic buckwheat flour preparation by *Rhizopus oligosporus* and its application to soba noodle. *Food Res Int.*, 39: 598-605. DOI: 10.1016/j.foodres.2005.12.003
- Hayit F. 2014. Karabuğday, transglutaminaz ve ekşi mayanın dondurulmuş ekmek kalitesi üzerine etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek lisans tezi, Isparta, Türkiye, 123s.
- Hidalgo A, Ferraretto A, Noni DI, Botanni M, Cattaneo S, Simone G, Brandolini A. 2018. Bioactive compounds and antioxidant properties of pseudocereals-enriched water biscuits and their in vitro digestates. *Food Chem.*, 240: 799-807. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.08.014
- Hooda S, Jood S. 2003. Organoleptic and nutritional evaluation of wheat biscuits supplemented with untreated and treated fenugreek flour. *Food Chem.*, 90: 427-435. DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.05.006
- Ikeda K, Sakaguchi T, Kusano T, Yasumoto K. 1991. Endogeneous factors affecting protein digestibility in buckwheat. *Cereal Chem.*, 68(4): 424-427.
- İldız N. 2015. Farklı Emülgatörlerin Glutensiz ekmek üretiminde kullanıma olanaklarının araştırılması. İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İğdır, Türkiye, 126s.
- Inglett GE, Chen D, Berhow M, Lee S. 2011. Antioxidant activity of commercial buckwheat flours and their free and bound phenolic compositions. *Food Chem.*, 125(3): 923-929. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.09.076
- Jambrec D, Sakac M, Misan A, Mandic A, Pestori M. 2015 Effect of autoclaving and cooking on phenolic compounds in buckwheat-enriched whole wheat tagliatelle. *J Cereal Sci.*, 66: 1-9. DOI: 10.1016/j.jcs.2015.09.004
- Kang H-N, Kim C-J. 2009. *Lactobacillus bulgaricus* fermentation characteristics of yogurt with added buckwheat sprout. *Korean Journal Food Culture*, 24(1): 90-95.
- Kaur M, Sandhu KS, Arora PA, Sharma A. 2015. Gluten free biscuits prepared from buckwheat flour by incorporation of various gums: Physicochemical and sensory properties. *LWT - Food Sci Technol.*, 62: 628-632. DOI: 10.1016/j.lwt.2014.02.039
- Kavrut E. 2015. Glutensiz revani üretimi üzerine bir araştırma. İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İğdır, Türkiye, 97s.
- Kawa JM, Taylor CG, Przybylski R. 2003. Buckwheat concentrate reduces serum glucose in streptozotocin-diabetic rats. *J Agric Food Chem.*, 51(25): 7287-7291. DOI: 10.1021/jf0302153
- Kayashita J. 1997. Consumption of buckwheat protein lowers plasma cholesterol and raise fecal neutral sterols in cholesterol-fed rats because of its low digestibility. *J Nutr.*, 127(7): 1395-1400. DOI: 10.1093/jn/127.7.1395
- Kim H-J, Park K-J, Lim J-H. 2011. Metabolomic analysis of phenolic compounds in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* M.) sprouts treated with methyl jasmonate. *J Agric Food Chem.*, 59(10): 5707-5713. DOI: 10.1021/jf200396k
- Klava D. 2004. Improvement of nutritive value of wheat bread. Latvia University of Agriculture Faculty, Ph.D. dissertation, Jelgava, Latvia.
- Kreft I, Fabjan N, Yasumoto K. 2006. Rutin content in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) food materials and products. *Food Chem.*, 98(3): 508-512. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.05.081
- Léder I, Adányi N, Daood HG, Sass-Kiss Á, Kardos-Neumann Á. 2010. Study of the composition and radical scavenging capacity of buckwheat seed and buckwheat leaf flour of two cultivars grown in Hungary. *Eur J Plant Sci Biotechnol.*, 4(Special Issue 1): 87-92.
- Lee S-W, Seo JM, Lee M-K, Chun J-H, Antonisamy P, Arasu MV, Suzuki T, Al-Dhabi NA, Kim S-J. 2014. Influence of different LED lamps on the production of phenolic compounds in common and Tartary buckwheat sprouts. *Ind Crops Prod.*, 54: 320-326. DOI: 10.1016/j.indcrop.2014.01.024
- Li WD, Lin RF, Corke H. 1997. Physicochemical properties of common and Tartary buckwheat starch. *Cereal Chem.*, 74(1): 79-82. DOI: 10.1094/CCHEM.1997.74.1.79
- Li SQ, Zhang QH. 2001. Advances in the development of functional foods from buckwheat. *Crit Rev Food Sci Nutr.*, 41(6): 451-464. DOI: 10.1080/20014091091887
- Lin L-Y, Hsieh Y-J, Liu H-M, Lee C-C, Mau J-L. 2009b. Flavor components in buckwheat bread. *J Food Process Preserv.*, 33(6): 814-826. DOI: 10.1111/j.1745-4549.2008.00313.x
- Lin Y-L, Lui H-M, Yu Y-W, Lin S-D, Mau J-L. 2009a. Quality and antioxidant property of buckwheat enhanced wheat bread. *Food Chem.*, 112(4): 987-991. DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.07.022
- Lin L-Y, Wang H-E, Lin S-D, Liu H-M, Mau J-L. 2013. Changes in buckwheat bread during storage. *J Food Process Preserv.*, 37: 285-290. DOI: 10.1111/j.1745-4549.2011.00647.x
- Liu H, Guo X, Li W, Wang X, Iv M, Peng Q, Wang M. 2015a. Changes in physicochemical properties and invitro digestibility of common buckwheat starch by heat-moisture treatment and annealing. *Carbohydrate polymers*, 132: 237-244. DOI: 10.1016/j.carbpol.2015.06.071
- Liu H, Wang L, Cao R, Fan H, Wang M. 2016a. In vitro digestibility and changes in physicochemical and structural properties of common buckwheat starch affected by high hydrostatic pressure. *Carbohydrate polymers*, 144: 1-8. DOI: 10.1016/j.carbpol.2016.02.028
- Liu H, Guo X, Li Y, Li H, Fan H, Wang M. 2016b. In vitro digestibility and changes in physicochemical and textural properties of tartary buckwheat starch under high hydrostatic pressure. *J Food Eng.*, 189: 64-71. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2016.05.015
- Liu H, Lv M, Peng Q, Shan F, Wang M. 2015b. Physicochemical and textural properties of tartary buckwheat starch after heatmoisture treatment at different moisture levels. *Starch/Stärke*, 67: 276-284. DOI: 10.1002/star.201400143
- Liu G, Li M, Zhu Q, Li Y, Shui S. 2006. The research advance on resource plant *Fagopyrum dibotrys*. *Chin Agric Sci Bull.*, 22: 380-389 (In Chinese with English abstract).

- Lukšič L, Bonafaccia G, Timoracka M, Vollmannova A, Trecek J, Nyambe TK, Melini V, Acquistucci R, Germ M, Kreft I. 2016. Rutin and quercetin transformation during preparation of buckwheat sourdough bread. *J Cereal Sci.*, 69: 71-76. DOI: 10.1016/j.jcs.2016.02.011
- Manthey FA, Hall CA. 2007. Effect of processing and cooking on the content of minerals and protein in pasta containing buckwheat bran flour. *J Sci Food Agric.*, 87(11): 2026-2033. DOI: 10.1002/jsfa.2953;
- Matejcekova Z, Liptakova D, Valík L. 2017. Functional probiotic products based on fermented buckwheat with *Lactobacillus rhamnosus*. *LWT - Food Sci Technol.*, 81: 35-41. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.03.018
- Mert S. 2014. Effect of different flours on quality of gluten-free wafer sheets. Middle East Technical University, Food Engineering, Master Thesis, Anakra, 85s.
- Mezaize S, Chavallier S, La Bail A, de Lamballerie M. 2009. Optimization of gluten-free formulations for French-style breads. *J Food Sci.*, 74: 140-146. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2009.01096.x
- Molinari R, Costantini L, Timperio AM, Lelli V, Bonafaccia F, Bonafaccia G, Merendino N. 2017. Tartary buckwheat malt as ingredient of gluten-free cookies. *J Cereal Sci.*, DOI: 10.1016/j.jcs.2017.11.011
- Mota C, Santos M, Mauro R, Samman N, Matos AS, Torres D, Castanheira I. 2016a. Protein content and amino acids profile of pseudocereals. *Food Chem.*, 193: 55-61. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.11.043
- Mota C, Nascimento AC, Santos M, Delgado I, Coelho I, Rego A, Matos AS, Torres D, Castanheira I. 2016b. The effect of cooking methods on the mineral content of quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus sp.*) and buckwheat (*Fagopyrum esculentum*). *J Food Compos Anal.*, 49: 57-64. DOI: 10.1016/j.jfca.2016.02.006;
- Öncel E. 2017. Erişte üretiminde farklı oran ve kombinasyonlarda karabuğday, amarant ve kinoa unlarının kullanım olanakları. Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye, 74s.
- Özer MS, Kola O, Duran H. 2010. Effects of buckwheat flour combining phospholipase or DATEM on dough properties. *J Food Agric Environ.*, 8(2): 13-16.
- Peressini DI, Pin M, Sensidoni A. 2011. Rheology and breadmaking performance of rice-buckwheat batters supplemented with hydrocolloids. *Food Hydrocoll.*, 25: 340-349. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2010.06.012
- Prestamo G, Pedrazaela A, Penas E, Lasuncion MA, Arroyo G. 2003. Role of buckwheat diet on rats as prebiotic and healthy food. *Nutr Res.*, 23(6): 803-814. DOI: 10.1016/S0271-5317(03)00074-5;
- Qin P, Wei A, Zhao D, Yao Y, Yang X, Dun B, Ren G. 2017. Low concentration of sodium bicarbonate improves the bioactive compound levels and antioxidant and α -glucosidase inhibitory activities of tartary buckwheat sprouts. *Food Chem.*, 224: 12-130. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.12.059
- Ran B, Soon R. 2000. Study on Bread-Marking Quality with Mixture of Buckwheat-Wheat Flour. *FAO.*, 29:2.
- Rayas-Duarte P, Mock CM., Satterlee LD. 1996. Quality of spaghetti containing buckwheat, amaranth, and lupin flours. *Cereal Chem.*, 73(3): 381-387.
- Renzetti S, Bello FD, Arendt EK. 2008. Microstructure, Fundamental Rheology and Baking Characteristics of Batters and Breads from Different Gluten-Free Flours Treated with a Microbial Transglutaminase. *J Cereal Sci.*, 48(1): 33-45. DOI: 10.1016/j.jcs.2007.07.011
- Renzetti S, Arendt EK. 2009. Effects of oxidase and protease treatments on the breadmaking functionality of a range of glutenfree flours. *Eur Food Res Technol.*, 229: 307-317. DOI: 10.1007/s00217-009-1048-6
- Rózyło R, Rudy S, Krzykowski A, Dziki D, Gawlik-Dziki U, Rózyło K, Skonecki S. (2015). Effect of adding fresh and freeze-dried buckwheat sourdough on gluten-free bread quality. *Int J Food Sci Technol.*, 50(2): 313-322. DOI: 10.1111/ijfs.12622
- Sakac M, Pestoric M, Misan A, Nedeljkovic N, Jambrec D, Jovanov P, Banjac V, Torbica A, Hadnacev M, Mandic A. (2015). Antioxidant capacity, mineral content and sensory properties of gluten-free rice and buckwheat cookies. *Food Technol Biotech.*, 53: 38-47. DOI: 10.17113/ftb.53.01.15.3633
- Sakac M, Pestori M, Mandic A, Misan A, Nedeljkovic N, Jambrec D, Jovanov P, Lazic V, Pezo L, Sedej I. 2016. Shelf-life prediction of gluten-free rice-buckwheat cookies. *J Cereal Sci.*, 69: 336-343. DOI: 10.1016/j.jcs.2016.04.008
- Schoenlechner R, Drausinger J, Ottenschlaeger V, Jurackova K, Berghofer E. 2010. Functional properties of gluten-free pasta produced from amaranth, quinoa and buckwheat. *Plant Food Hum Nutr.*, 65: 339-349. DOI: 10.1007/s11130-010-0194-0
- Sedej I, Sakac M, Mandic A, Misan A, Pestoric M, Simurina O, Canadanovic-Brunet J. 2011. Quality assessment of gluten-free crackers based on buckwheat flour. *LWT - Food Sci Technol.*, 44: 694-699. DOI: 10.1016/j.lwt.2010.11.010
- Sedej I, Sakac M, Mandic A, Mišan A, Tumbas V, Canadanovic-Brunet J. 2012. Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) grain and fractions: Antioxidant compounds and activities. *J Food Sci.*, 77(9): C954-C959. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2012.02867.x
- Seo J-M, Arasu MV, Kim Y-B, Park SU, Kim S-J. 2015. Phenylalanine and LED lights enhance phenolic compound production in Tartary buckwheat sprouts. *Food Chem.*, 177: 204-213. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.12.094
- Skrabanja V, Elmstahl HGML, Kreft I, Björck IME. 2001. Nutritional properties of starch in buckwheat products: Studies in vitro and in vivo. *J Agric Food Chem.*, 49(1): 490-496. DOI: 10.1021/jf000779w
- Skrabanja V, Kreft I, Golob T, Modic M, Ikeda S, Ikeda K, Kreft S, Bonafaccia G, Knapp M, Kosmelj K. 2004. Nutrient content in buckwheat milling fraction. *Cereal Chem.*, 81(2): 172-176. DOI: 10.1094/CCHEM.2004.81.2.172
- Skrabanja V, Kreft I. 1998. Resistant starch formation following autoclaving of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) groats, an in vitro study. *J Agric Food Chem.*, 46: 2020-2023. DOI: 10.1021/jf970756q
- Smerdel B, Pollak L, Novotni D, Čukelj N, Benković M, Lušić D, Čurić D. 2012. Improvement of gluten-free bread quality using transglutaminase, various extruded flours and protein isolates. *J Food Nutr Res.*, 51(4): 242-253.
- Steadman KJ, Burgoon MS, Betty LA, Edwardson SE, Obendorf LR. 2001a. Minerals, phytic acid, tannin and rutin in buckwheat seed milling fractions. *J Sci Food Agr.*, 81: 1094-1100. DOI: 10.1002/jsfa.914
- Steadman KJ, Burgoon MS, Lewis BA., Edwardson, SE., Obendorf, RL. 2001b. Buckwheat seed milling fractions: description, macronutrient composition and dietary fiber. *J Cereal Sci.*, 33(3): 271-278. DOI: 10.1006/jcsc.2001.0366
- Stibilj V, Kreft I, Smrkolj P, Osvald J. 2004. Enhanced selenium content in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) and pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seeds by foliar fertilization. *Eur Food Res Technol.*, 219(2): 142-144. DOI: 10.1007/s00217-004-0927-0
- Şensoy İ, Rosen RT, Ho C-T, Karwe MV. 2006. Effect of Processing on Buckwheat Phenolics and Antioxidant Activity. *Food Chem.*, 99: 388-393. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.08.007
- Taşkırdı Y. 2011 Karabuğday ile zenginleştirilmiş buğday cipslerinin tekstürel ve duysal özelliklerinin belirlenmesi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, Türkiye, 115s.

- Terpinic P, Cigic B, Polak T, Hribar J, Rozrl T, 2016. LC-MS analysis of phenolic compounds and antioxidant activity of buckwheat at different stages of malting. *Food Chem.*, 210: 9-17. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.04.030
- Thompson T, Dennis M, Higgins LA, Lee AR, Sharrett MK. 2005. Gluten-free diet survey: are Americans with coeliac disease consuming recommended amounts of fibre, iron calcium and grain foods?. *J Hum Nutr Diet.*, 18(3): 163-169. DOI: 10.1111/j.1365-277X.2005.00607.x
- Thompson T. 1999. Thiamin, riboflavin, and niacin contents of the gluten free diet: is there cause for concern?. *J Am Diet Assoc.*, 99(7): 858-862. DOI: 10.1016/S0002-8223(99)00205-9
- Thompson T. 2000. Folate, iron, and dietary fiber contents of the gluten-free diet. *J Am Diet Assoc.*, 100(11): 1389-1396. DOI: 10.1016/S0002-8223(00)00386-2
- Tomotake H, Yamamoto N, Yanaka N, Ohinata H, Yamazaki R, Kayashita J, Kato N. 2006. High protein buckwheat flour suppresses hypercholesterolemia in rats and gallstone formation in mice by hypercholesterolemic diet and body fat in rats because of its low protein digestibility. *Nutrition*, 22: 166-173. DOI: 10.1016/j.nut.2005.01.012
- Torbica A, Hadnadev M, Dapcevic T. 2010. Rheological, textural and sensory properties of gluten-free bread formulations based on rice and buckwheat flour. *Food Hydrocol.*, 24: 626-632. DOI:10.1016/j.foodhyd.2010.03.004
- Torbica A, Hadnadev M, Hadnadev T, D. 2012. Rice and buckwheat flour characterisation and its relation to cookie quality. *Food Res Int.*, 48: 277-283. DOI: 10.1016/j.foodres.2012.05.001
- Verardo V, Glicerina V, Cocci E, Frenich A, G, Romani S, Caboni MF. 2018. Determination of free and bound phenolic compounds and their antioxidant activity in buckwheat bread loaf, crust and crumb. *LWT - Food Sci Technol.*, 87: 217-224. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.08.063;
- Verma R, Jan S, Rani S, Jan K, Swere TL, Prakasch KS, Dara MZ, Bashirc K. 2018. Physicochemical and functional properties of gamma irradiated buckwheat and potato starch. *Radiat Phys Chem.*, 144: 37-42. DOI: 10.1016/j.radphyschem.2017.11.009
- Watanabe M. 2007. An anthocyanin compound in buckwheat sprouts and its contribution to antioxidant capacity. *Biosci Biotech Bioch.*, 71(2): 579-582. DOI: 10.1271/bbb.60471
- Wei Y-M, Hu X-Z, Zhang G-Q, Ouyang S-H. 2003. Studies on the amino acid and mineral content of buckwheat protein fractions. *Nahrung/Food.*, 47: 114-116. DOI:/10.1002/food.200390020
- Wijngaard HH, Arendt EK. 2006. Buckwheat. *Cereal Chem.*, 83(4): 391-401. DOI:10.1094/CC-83-0391
- Wronkowska M, Soral-Śmietana M, Krupa-Kozak U. 2010. Buckwheat, as a food component of a high nutritional value, used in the prophylaxis of gastrointestinal diseases. *Eur J Plant Sci Biotechnol.*, 4(Special Issue 1): 64-70.
- Wronkowska M, Jeliński T, Majkowska A, Zieliński H. 2018. Physical Properties of Buckwheat Water Biscuits Formulated from Fermented Flours by Selected Lactic Acid Bacteria. *Pol J Food Nutr Sci.*, 68(1): 25-31. DOI: 10.1515/pjfn-2017-0027
- Wronkowska M, Haros M. 2014. Wet-milling of buckwheat with hull and dehulled-the properties of the obtained starch fraction. *J Cereal Sci.*, 60: 477-483. DOI: 10.1016/j.jcs.2014.09.004
- Xiao Y, Liu H, Wei T, Shen J, Wang M. 2017 Differences in physicochemical properties and in vitro digestibility between tartary buckwheat flour and starch modified by heat-moisture treatment. *Food Sci Tech.*, 86: 285-292. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.08.001
- Yamsaengsung R, Berghofer E, Schoenlechner R. 2012. Physical properties and sensory acceptability of cookies made from chickpea addition to white wheat or whole wheat flour compared to gluten-free amaranth or buckwheat flour. *Int J Food Sci Technol.*, 47: 2221-2227. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2012.03092.x
- Yarpuz D. 2011. Glutensiz ekmek üretimi üzerine araştırmalar, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Konya, Türkiye, 104s.
- Yıldız N, Yalçın E. 2013. Karabuğdayın kimyasal, besinsel ve teknolojik özellikleri. *GIDA*, 38(6): 383-390. DOI: 10.5505/gida.2013.43153
- Yıldız G. 2009. Karabuğdayunun (Fagopyrum esculentum Moench) geleneksel türk ekmeklerinde kullanılma imkanları üzerine araştırmalar. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 114s.
- Yıldız M. 2012. Karabuğday (Fagopyrum esculentum Moench.) ve lüpen (Lupinus albus L.) unlarının glutensiz bisküvi üretiminde kullanımı. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 88s.
- Yiming Z, Hong W, Linlin C, Xiaoli Z, Wen T, Xinli S. 2015. Evolution of nutrient ingredients in tartary buckwheat seeds during germination. *Food Chem.*, 186: 244-248. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.03.115
- Yoo J, Kim Y, Yoo S, Inglett GE, Lee S. 2012. Reduction of rutin loss in buckwheat noodles and their physicochemical characterisation. *Food Chem.*, 132: 2107-2111. DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.12.065
- Zhang M, Chen H, Li J, Pei Y, Liang Y. 2010. Antioxidant properties of tartary buckwheat extracts as affected by different thermal processing methods. *LWT - Food Sci Technol.*, 43: 181-185. DOI:10.1016/j.lwt.2009.06.020
- Zhang Z-L, Zhou M-L, Tang Y, Li F-L, Tang Y-X, Shao J-R, Xue W-T. 2012. Bioactive compounds in functional buckwheat food. *Food Res Int.*, 49(1): 389-395. DOI: 10.1016/j.foodres.2012.07.03
- Zhang W, Zhu Y, Liu Q, Bao J, Liu Q. 2017. Identification and quantification of polyphenols in hull, bran and endosperm of common buckwheat (Fagopyrum esculentum) seeds. *J Funct Foods.*, 38: 363-369. DOI: 10.1016/j.jff.2017.09.024
- Zhou Z, Ren X, Wang F, Li J, Si X, Cao R, Yang R, Strappe P, Blanchard C. 2015. High pressure processing manipulated buckwheat antioxidant activity, anti-adipogenic properties and starch digestibility. *J Cereal Sci.*, 66: 31-36. DOI: 10.1016/j.jcs.2015.09.00
- Zhu F, Du B, Li R, Li J. 2014. Effect of micronization technology on physicochemical and antioxidant properties of dietary fiber from buckwheat hulls. *Biocatal Agric Biotechnol.*, 3: 30-34. DOI: 10.1016/j.bcab.2013.12.009
- Zhu F. 2016. Buckwheat starch: Structures, properties, and applications. *Trends Food Sci Technol.*, 49: 121-135. DOI: 10.1016/j.tifs.2015.12.002
- Zielinski H, Michalska A, Piskula MK, Kozłowska H. 2006. Antioxidants in thermally treated buckwheat groats. *Mol Nutr Food Res.*, 50: 824-832. DOI: 10.1002/mnfr.200500258
- Zielinski H, Michalska A, Amigo-Benavent M, del Castillo MD, Piskula MK. 2009. Changes in protein quality and antioxidant properties of buckwheat seeds and groats induced by roasting. *J Agric Food Chem.*, 57(11): 4771-4776. DOI: 10.1021/jf900313e