



T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**EKSTRÜZYON İŞLEMİNİN KİNOA EKSTRÜDATLARININ BESİNSEL ve
ANTİBESİNSEL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

SELİN ÇANKAYA SİN

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HATAY
EYLÜL-2019



T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**EKSTRÜZYON İŞLEMİNİN KİNOA EKSTRÜDATLARININ BESİNSEL ve
ANTİBESİNSEL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

SELİN ÇANKAYA SİN

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HATAY
EYLÜL 2019**

T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**EKSTRÜZYON İŞLEMİNİN KİNOA EKSTRÜDATLARININ BESİNSEL ve
ANTİBESİNSEL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

SELİN ÇANKAYA SİN
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Unvanı Adı SOYADI danışmanlığında hazırlanan bu tez .././2019 tarihinde aşağıdaki
jüri üyeleri tarafından OYBİRLİĞİ ile kabul edilmiştir.

Unvanı Adı SOYADI

Başkan

Unvanı Adı SOYADI

Üye

Unvanı Adı SOYADI

Üye

Kod No:

**Prof. Dr. Erdal SERTKAYA
Enstitü Müdürü**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

23.08.2019

TEZ BİLDİRİMİ

Tezin içindeki tüm bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğine, tez yazım kurallarına uygun bir şekilde yazıldığına ve bana ait olmayan eserlerden yararlanılması durumunda ilgili eserlerin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tezin üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

Selin ÇANKAYA SİN

ÖZET

EKSTRÜZYON İŞLEMİNİN KİNOA EKSTRÜDATLARININ BESİNSEL ve ANTİBESİNSEL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Çalışmada tam öğütülmüş kinoa unu kullanılarak ekstrüde ürünler üretilmiştir. Ekstrüzyon işlemi laboratuvar tipli çift vidalı ekstrüder ile gerçekleştirilmiştir. Namlu çıkış kalıp çapı (2mm) sabit tutulup, sabit besleme hızında (4 kg/saat) beslenmiştir. Ekstrüzyon sistem parametrelerinden namlu sıcaklığı, vida hızı ve besleme nem değerleri ise değişken koşullar olarak seçilmiştir. Üretim koşulları 3 farklı namlu çıkış sıcaklığı (110-130-150°C), 2 farklı besleme nem içeriği (%16-18) ve 3 farklı vida hızı (150-200-250 rpm) olarak ayarlanmıştır. Üretilen tam öğütülmüş kinoa ekstrüdatlarında genişleme indeksi, yığın yoğunluğu, renk değerleri, tekstür özellikleri (sertlik ve gevreklik), suda çözünürlük, su bağlama kapasitesi, toplam fenolik madde, antioksidan aktivite ve fitik asit içerikleri belirlenmiştir. Ekstrüzyon koşullarının ekstrüdatların fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Tam öğütülmüş kinoa unu ekstrüzyon ürünlerinin genişleme indeksi değerleri 1.80-4.98, yığın yoğunluğu değerleri 0.086-1.601 g/cm³, suda çözünürlük değerlerinin %10.97-24.70, su bağlama değerleri %297.56-396.77, sertlik değerleri 149.88-508.42 g, gevreklik değerleri 5.30-24.10 (pik sayısı), toplam fenolik madde içeriği 0.82-1.26 mg GA/g örnek, antioksidan içerikleri ise 3.30-4.62 µg trolox/mg örnek arasında olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca tam öğütülmüş kinoa unu ile üretilen ekstrüdatların tork, namlu basıncı ve spesifik mekanik enerji (SME) değerleri hesaplanmıştır. Tork değerleri 4.08-7.23 Nm, namlu basınç değerlerinin 2480-7290 kPa ve SME değerleri 48.62 ile 110.09 Wh/kg arasında bulunmuştur. Sonuç olarak kinoa'nın ekstrüzyon işlemi ile üretilen atıştırmalıklar için iyi bir alternatif ürün olduğu belirlenmiştir.

2019, 50 sayfa

Anahtar Kelimeler: Ekstrüzyon, kinoa, pseudo-tahıl, fonksiyonel özellikler, antioksidan aktivite

ABSTRACT

EFFECTS of EXTRUSION COOKING on the NUTRITIONAL and ANTINUTRITIONAL PROPERTIES of QUINOA EXTRUDATES

In this study, extrudates were produced by using whole quinoa flour. Extrusion process was carried out with laboratory type twin screw extruder. The barrel die diameter (2mm) was kept constant and fed at a constant feed rate (4 kg/h). Barrel temperature, screw speed and feed moisture values were chosen as variable conditions among the extrusion system parameters. Production conditions were set to three different barrel temperatures (110-130-150°C), two different feed moisture content (16–18%) and three different screw speeds (150-200-250 rpm). Expansion index, bulk density, color values, texture properties (hardness and brittleness), water solubility, water binding capacity, total phenolic substance, antioxidant activity and phytic acid contents were determined in the whole quinoa flour extrudates produced. The effects of extrusion conditions on the physical and chemical properties of the extrudates were investigated. The expansion index values of whole quinoa flour extrusion products were 1.80–4.98, bulk density values were 0.086–1.601 g/cm³, water solubility values were 10.97–24.70%, water binding values were 297.56–396.77%, hardness values were 149.88–508.42 g, crispness values were 5.30–24.10 (total number of peaks), total phenolic content was 0.82-1.26 mg GA/g sample and antioxidant content was 3.30-4.62 µg trolox/mg sample. In addition, torque, barrel pressure and specific mechanical energy (SME) values of the extrudates produced with whole ground quinoa were calculated. Torque values were 4.08–7.23 Nm, barrel pressure values were between 2480–7290 kPa and SME values were between 48.62 and 110.09 Wh / kg. As a result, it was determined that quinoa is a good alternative product for snacks produced by extrusion process.

2019, 50 pages

Key Words: Extrusion, quinoa, pseudo-cereal, functional properties, antioxidant activity

TEŞEKKÜR

Tez eğitimim boyunca bilgi, tecrübe ve desteğini esirgemeyerek bana yardımcı olan değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi M. Tuğrul MASATCIOĞLU teşekkürlerimi sunarım.

Tezimim özellikle üretim aşamasının gerçekleşmesinde emeği geçen ve yardımını esirgemeyen Hacettepe üniversitesi öğretim üyesi Prof. Dr. Hamit KÖKSEL'e ve laboratuvar çalışmalarında laboratuvarlarını kullanmama imkan sağlayan Mustafa Kemal Üniversitesi öğretim üyesi Prof. Dr. Zehra GÜLER'e

Analiz çalışmalarımın yürütülmesinde ve bana her konuda yardımcı olan Arş. Gör. Mücahide KÖKSAL'a

Çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen ve manevi destek veren arkadaşlarım Cihan KEŞRE ve H.İbrahim ARSLAN'a,

Çalışmam süresince tüm zorluklarda yanımda ve hayatımın her evresinde bana destek olan eşim Çağdaş SİN'e, annem Nazire ÇANKAYA'ya ve babam Semir ÇANKAYA'ya ve ailemin diğer bireylerine sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	Error! Bookmark not defined.
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ	VII
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	VIII
1.GİRİŞ	1
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM	18
3.1. Materyal	18
3.2.Yöntemler.....	18
3.2.1. Ekstrüzyon Ürünlerinin Üretilmesi	18
3.2.2. Rutubet Miktarı	18
3.2.3. Genişleme İndeksi	18
3.2.4. Yığın Yoğunluğu.....	18
3.2.5 Renk Analizi.....	19
3.2.6 Tekstür Analizi.....	19
3.2.7 Protein Tayini.....	19
3.2.8 Yağ Tayini.....	19
3.2.9 Kül Tayini	20
3.2.10 Su Bağlama ve Çözünürlük Özellikleri.....	20
3.2.11. Fitik Asit Miktarı	20
3.2.12. Toplam Fenolik Madde İçeriği	21
3.2.13. Antioksidan Aktivite Tayini.....	21
3.2.14 İstatiksel Analiz.....	21
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	22
4.1. Tam Öğütülmüş Kinoa Ununun Kimyasal Kompozisyonu	22
4.2. Ekstrüzyon Sistem Parametreleri	23
4.3. Tam Öğütülmüş Kinoa Unu Kullanılarak Geliştirilen Ekstrüzyon Ürünlerinin Fiziksel Özellikleri	25
4.3.1. Farklı Ekstrüzyon Koşullarında Geliştirilen Ekstrüzyon Ürünlerinin Görselleri	25
4.3.2. Genişleme İndeksi ve Yığın Yoğunluğu	29
4.4. Su Bağlama ve Suda Çözünürlük.....	32
4.5. Tekstür özellikleri	34

4.6. Renk	37
4.7. Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Aktivite.....	40
4.8. Fitik asit içerikleri (g/100 g)	42
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	44
KAYNAKLAR	46
ÖZGEÇMİŞ	46



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4.1. Farklı vida hızı ve besleme nem içeriğinde 110°C namlu çıkış sıcaklığında tam öğütülmüş kinoa unundan üretilen ekstrüzyon ürünlerine ait fotoğraflar.....	26
Şekil 4.2. Farklı vida hızı ve besleme nem içeriğinde 130°C namlu çıkış sıcaklığında tam öğütülmüş kinoa unundan üretilen ekstrüzyon ürünlerine ait fotoğraflar.....	27
Şekil 4.3. Farklı vida hızı ve besleme nem içeriğinde 150°C namlu çıkış sıcaklığında tam öğütülmüş kinoa unundan üretilen ekstrüzyon ürünlerine ait fotoğraflar.....	28
Şekil 4. 4. En yüksek sertlik ve gevreklik değerine sahip ekstrüzyon ürünlerine ait tekstür profili.....	36



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4. 1. Tam öğütülmüş kinoa ununun kimyasal kompozisyonu	22
Çizelge 4. 2. Deneysel tasarım ve ekstrüzyon sistem parametreleri	23
Çizelge 4. 3. Farklı ekstrüzyon koşullarında tam öğütülmüş kinoa unundan üretilen ekstrüdatlara ait genişleme indeksi ve yığın yoğunluğu değerleri	29
Çizelge 4. 4. Farklı ekstrüzyon koşullarında tam öğütülmüş kinoa unundan üretilen ekstrüdatların su bağlama ve suda çözünürlük değerleri	32
Çizelge 4. 5. Farklı ekstrüzyon koşullarında tam öğütülmüş kinoa unundan üretilen ekstrüdatların sertlik ve gevreklik değerleri	34
Çizelge 4. 6. Farklı ekstrüzyon koşullarında tam öğütülmüş kinoa unundan üretilen ekstrüdatların L^* , a^* , b^* değerleri	37
Çizelge 4. 7. Farklı ekstrüzyon koşullarında tam öğütülmüş kinoa unundan üretilen ekstrüdatların antioksidan ve fenolik madde içerikleri	40

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

KISALTMALAR

AACCI: American Association Cereal Chemist International

ABTS : 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid

DPPH : Difenil-1-pikrilhidrazil

LDL : Low Density Lipoprotein

MPa : Megapaskal

Nm :Newton metre

RPM : Revolutions Per Minute

Wh : Watt hour

SME : Spesifik mekanik enerji

1. GİRİŞ

Son yıllarda besleyici gıda ürünlerinin geliştirilmesi amacıyla psedo-tahılların (tahıl benzeri bitkiler) kullanımına büyük ilgi duyulmaktadır. Amaranat, karabuğday ve kinoa dünyada üretim bakımından üç önemli psedo-tahıl grubunu oluşturmaktadır. Bunlar yüksek oranda içerdikleri nişasta, protein, besinsel lif, mineral madde, vitaminler ve diğer biyoaktif bileşenlerce dikkat çekmektedir. Proteinlerinin dengeli aminoasit kompozisyonuna sahip olması nedeniyle, hayvansal kaynaklı gıdalarla kıyaslandığında daha sürdürülebilir olduğu bildirilmektedir (Janssen, 2017).

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) 2017 yılı verilerine göre kinoanın dünyadaki üretim miktarı 146.735 kiloton olarak rapor edilmiştir. Kinoanın üretilmesinde başlıca Peru, Bolivya, Ekvator, ABD gibi ülkeler yer almasına rağmen kinoanın farklı ekolojik koşullara uyum sağlamasından kaynaklı ülkemizde de üretimi yapılabilmektedir. Kinoanın besleyici değeri ve fonksiyonel özelliklerinden dolayı 2013 yılı Birleşmiş Milletler tarafından “Kinoa Yılı” ilan edilmiştir (Miranda ve ark., 2012).

Ülkemizde bulunan çölyak hasta sayısı 250-750 bin arasında olduğu tahmin edilmektedir. Fakat çölyak hastası olan ve tanısı koyulmayan birçok birey bulunmaktadır. Sağlık Bakanlığı verilerine göre ülkemizde çölyak hastalığı tanısı konulan hasta sayısı 2019 yılı Mayıs ayı itibari ile 68.123 olarak rapor edilmiştir. (<https://hsgm.saglik.gov.tr/tr/metabolizma-ve-colyak/colyak-ve-gorulme-sikligi.html>, erişim tarihi: 20.08.2019).

Bir pseudo-tahıl olan kinoa hem glutensiz olması hem de besleyici değerinin yüksekliği göz önüne alındığında yüksek risk grubundaki tüketiciler tarafından tüketilmesi önerilir. Kinoa; yağ asitleri, antioksidan içeriğinin yüksekliği, yüksek besinsel lif miktarı ve vitamin-mineral madde içeriği ile sağlıklı beslenme için iyi bir besindir (Miranda ve ark., 2012).

Ekstrüzyon işlemi yüksek sıcaklık ve basınç altında karışımın, dönen sonsuz vida içinde ilerleyip pişirilme esasına dayanmaktadır. Gıda sanayide ekstrüzyon işlemi en çok çerez ve kahvaltılık atıştırma ürünlerinin üretilmesinde kullanılmaktadır. Ekstrüzyon işleminin kısa zamanda gerçekleşmesi, sürekli sistem olması, yüksek kapasitede çalışabilmesi, yüksek verim elde edilmesi ve düşük maliyetli olmasından dolayı bazı avantajları bulunmaktadır.

Son yıllarda yapılan çalışmalarda ekstrüzyon işlemi kullanılarak kinoa unu ile birlikte farklı hububat ürünlerinin karışımından elde edilen ürünler üretilmiştir. Fakat literatür incelendiğinde tam öğütülmüş kinoa unu kullanılarak yapılan çalışmaların kısıtlı olduğu görülmektedir.

Bu çalışmanın amacı, ülkemizde daha yeni tanınan, yüksek besleyici değere sahip ve sağlığa birçok yararı olan kinoanın ekstrüzyon işlemi ile birçok tüketici grubunun tüketebileceği, özellikle de gluten intoleransı bulunan bireylere uygun bir ürün üretilmesidir. Ayrıca, farklı ekstrüzyon koşullarının (namlu çıkış sıcaklığı, besleme nem içeriği, vida hızı) ekstrüzyon ürünlerinin fiziksel (genişleme indeksi, yığın yoğunluğu, su bağlama ve çözünürlük, tekstür ve renk) ve kimyasal özellikleri (antioksidan madde, fenolik madde ve fitik asit içeriği) üzerine etkilerinin incelenmesi çalışmanın bir diğer amacını oluşturmaktadır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Gualberto (1997) ve ark. ekstrüzyonun yulaf, pirinç ve buğday kepeklerinde bulunan fitik asit üzerine etkisini araştırmışlardır. Ekstrüzyon işlemi çift vidalı ekstrüder ile gerçekleştirilmiş olup ekstrüzyon koşullarından vida hızını 225, 305 ve 450 rpm, namlu çıkış sıcaklığını 162.7°C, besleme nem oranını ise %15 olarak belirlemişlerdir. Ham materyal olarak kullanılan yulaf, pirinç ve buğday kepeğindeki % fitat içeriği sırasıyla 1.42, 4.32 ve 5.27 değerlerinde olduğunu rapor etmişlerdir. Farklı vida hızında gerçekleştirilen ekstrüzyon işleminden sonra ise % fitat içeriği yulaf kepeğinde 1.05–1.26, pirinç kepeğinde 4.45–4.53, buğday kepeğinde ise 4.59–5.26 değerleri arasında olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar istatistiksel analizlerinin sonucunda ekstrüzyon sonrasındaki % fitat değerlerini önemli ($p<0.05$) bulmamıştır. Fitat içeriğindeki farklılık, öğütme, genotipik ve çevresel etkilerdeki değişimlere bağlanabileceğini rapor etmişlerdir. Genel olarak, ne vida hızının ne de ekstrüzyonun, tahıl kepeklerindeki fitat içeriğini etkilemediğini vurgulamışlardır.

Alonso ve ark. (1998), ekstrüzyon işleminin 3 farklı bezelye çeşidinde fitik asit miktarına etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar çalışmada 100 rpm vida hızında, %25 besleme nem içeriğinde ve 152–156°C namlu çıkış sıcaklığında ekstrüzyon ürünleri üretmişlerdir. Bezelye çeşitlerinde fitik asit miktarını 1.19–1.33g /100 g kurumadde - olarak, ekstrüzyon ürünlerinde ise; 1.12–1.21g /100 g kurumadde olarak tespit etmişlerdir. Çalışmada ekstrüzyon işleminin, ham materyale kıyasla fitik asit içeriğinde istatistiksel olarak önemli bir azalmaya neden olduğu rapor edilmiştir.

Doğan ve Karwe (2003) ekstrüzyon koşullarının kinoa ekstrüdatlarının fizikokimyasal özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Yüzey tepki yöntemi kullanılarak yapılan çalışmada ekstrüzyon koşulları %16, %20 ve %24 besleme nem içeriği, 130, 150 ve 170°C namlu çıkış sıcaklığı, 250, 375 ve 500 rpm vida hızı ve 300 g/dk besleme oranı olarak yürütülmüştür. Tek başına yüksek besleme nem içeriği veya yüksek besleme nem içeriğinin yüksek sıcaklık ile kombinasyonun düşük genişlemeye sebep olduğu bu çalışma ile ortaya konmuştur. Araştırma sonunda en iyi ürünün; maksimum genişleme, minimum yığın yoğunluğu, yüksek derecede jelatinleşme ve düşük su çözünürlüğü indeksinin elde edildiği ulaşma koşulları, %16 besleme nem oranı, 130°C namlu çıkış sıcaklığı ve 375 rpm vida hızı ekstrüzyon koşullarının olduğu tespit

edilmiştir. Pseudo-tahıl olan kinoanın yeni, sağlıklı, ekstrüde edilmiş çerez ürünlerinin geliştirilmesinde kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar ekstrüdatlar için spesifik mekanik enerji değerlerini hesaplayıp bu değerlerin 170–402 kJ/kg arasında olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca bu değerlerin diğer tahıllarla kıyaslandığında düşük olduğunu vurgulamışlardır. Bunun nedenini ise kinoanın yağ oranının diğer tahıllara göre daha yüksek değerlerde olduğundan kaynaklı olabileceğinden bahsedilmiştir. Spesifik mekanik enerjinin besleme nem içeriği ve namlu çıkış sıcaklığının artırılması ile azaldığını, artan vida hızı ile arttığını vurgulamışlardır. Kinoa ununun kompozisyonunu %10.96 nem, %11.95 protein, %7.19 yağ ve %2.15 kül olarak belirlemişlerdir. Renk değerlerini ise L^* 87.27, a^* -0.48, b^* 11.94 olarak raporlamışlardır. Kinoa ununun su bağlama ve çözünürlük özelliklerini ise sırasıyla 1.69 g H₂O/g kuru örnek ve 0.073 g suda çözünür madde/g kuru örnek değerlerinde bulmuşlardır. Ekstrüdatların bölgesel genişleme indeksi 0.92–3.58 değerleri arasında bulunduğu raporlanmıştır.

Alvarez-Jubete ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmada, glutensiz ekmeğin besinsel kalitesinin geliştirilmesi amacıyla potansiyel sağlıklı ingrediyeentler olarak amarant, kinoa ve karabuğdayın kullanım olanaklarını araştırmışlardır. Pseudo-tahıllar kullanılarak formülüle edilen glutensiz ekmek, kontrol grubu ekmek ile kıyaslandığında protein, yağ, lif ve mineral madde içeriklerinin belirgin düzeyde daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Araştırmacılar, pseudo-tahılların üçünün de protein miktarı (amarant, kinoa ve karabuğday sırasıyla %16.05, %14.5, %12.5) buğdayın protein miktarından (%12) yüksek olduğunu rapor etmişlerdir. Amarant ve kinoa tohumlarının yağ içeriği (sırasıyla %5.7 ve %5.2) buğdayın (%2.5) yağ içeriği ile kıyaslandığında yaklaşık 2 kattan daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Karabuğdayının en yüksek besinsel lif içeriğine (%29.5) sahip olduğunu, kül içeriğinde (amarant, kinoa ve karabuğday sırasıyla %2.8, %2.7, %2.1) ise buğdayla (%1.5) karşılaştırıldığında pseudo-tahılların kül içeriklerinin daha yüksek olduğunu rapor etmişlerdir. Araştırmacılar buğday ve pseudo-tahıllar karşılaştırıldığında ise pseudo-tahılların besinsel değerlerinin daha yüksek olduğunu çalışmalarında açıkça ortaya koymuşlardır.

Dini ve ark. (2010) acı ve tatlı kinoa çeşitlerinin antioksidan aktivitesini incelemişler ve ayrıca kaynatma prosesiyle antioksidanlarda meydana gelen değişimi araştırmışlardır. Çalışmada, ön pişirme ile acı kinoa tohumlarının, tatlı kinoalardan daha yüksek miktarda fenolik madde içerdiğini bildirmişlerdir (sırasıyla: 86.4±14.1 mg

GAE/10 g; 77.2 ± 16.7 mg GAE/10g). Bununla birlikte, hem acı hem de tatlı kinoa tohumlarındaki toplam fenolik madde miktarı, buğday (5.6 mg / 10 g), arpa (8.8 mg / 10 g), darı (13.9 mg / 10), çavdar (10.3 mg / 10 g) ve sorgum (41.3 mg / 10 g) gibi tahıllardan daha yüksek bulunduğunu rapor etmişlerdir. Kaynatma işleminden sonra ise her iki çeşit için fenolik madde içeriğinde önemli bir düşüş olduğunu (acı kinoa, 59.4 ± 23.0 mg GAE / 10 g) ; tatlı kinoa, 28.7 ± 2.8 mg GAE / 10 g) vurgulamışlardır. Çalışmada acı kinoanın (67.1 ± 6.1 μ mol TE/10g) tatlı kinoadan (28.7 ± 2.1 μ mol TE/10g) daha fazla antioksidan aktivite (DPPH methodu ile) gösterdiği ve kaynatma işleminin antioksidanlar üzerine azaltıcı etkisi (acı kinoa: 35.7 ± 3.2 ; tatlı kinoa: 19.9 ± 1.7) μ mol TE/10g) olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar tatlı kinoanın antioksidan aktivitesinden fenolik, flavonoid ve karetonoid bileşiklerinin başlıca sorumlu olduğunu, acı kinoada ise bu durumun fenolik ve flavonoid bileşiklerinden kaynaklandığını rapor etmişlerdir. Her iki kinoa çeşidinin de insan sağlığı için uygun ve zengin antioksidan kaynağı olduğunu vurgulamışlardır.

Meng ve ark. (2010) besleme nem içeriğinin %16 ve %18, vida hızı 250 ve 320 rpm ve namlu çıkış sıcaklığının 150 ve 170°C olan ekstrüzyon koşullarında nohut unu bazlı atıştırmalıklar üretmişlerdir. Ekstrüzyon koşullarının, ekstrüder sistem parametreleri (basınç, spesifik mekanik enerji, tork) ve fiziksel özellikleri (genişleme indeksi, yığın yoğunluğu, sertlik) üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Basıncın ekstrüzyon koşullarının hespsinden (vida hızı, besleme nem içeriği, namlu çıkış sıcaklığı) etkilendiği, tork ve spesifik mekanik enerjinin ise sadece vida hızı ve namlu çıkış sıcaklığından etkilendiği sonucuna ulaşmışlardır. Yüksek genişleme oranı, düşük yığın yoğunluğu ve sertliği ile karakterize edilen arzu edilen ürünler düşük besleme nemi, yüksek vida hızı ve orta ila yüksek namlu sıcaklığında elde edildiğini belirtmişlerdir. Sistem parametrelerinden olan basınç, besleme nem içeriğinin arttırılması ile azalmıştır. Vida hızının basınç üzerindeki etkisi, düşük namlu sıcaklıklarında en belirgin, yüksek namlu sıcaklıklarında ise en az olduğunu vurgulamışlardır. Basıncın 4.83 ila 6.41 Pa 10^6 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Düşük besleme nemi içeriği, vida hızı ve namlu sıcaklığı kombinasyonunda yüksek basıncın elde edildiği ortaya koyulmuştur. Tork değeri artan vida hızı ve namlu sıcaklığı ile azalırken, spesifik mekanik enerji ise artan vida hızı ve azalan namlu çıkış sıcaklığı ile arttığını ifade etmişlerdir. Besleme nem içeriğinin ise spesifik mekanik enerji ve tork değerleri için çok bir etkisinin olmadığını

vurgulamışlardır. Ölçülen tork değerleri %19 ila %24 arasında değişmiş ve spesifik mekanik enerjileri ise 87.9 ve 115.8 Wh / kg olarak hesaplamışlardır. Ekstrüdatların genişleme indeksi 3.06–4.99 arasında, yığın yoğunlukları 0.130–0.275 g/cm³, sertlikleri ise 184–550 N değerleri arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Genel olarak ekstrüde edilmiş ürünün iyi özellikleri yüksek genişleşme oranı ve düşük yığın yoğunluğu ve sertliği, düşük besleme nemi, yüksek vida hızı ve orta ve yüksek namlu sıcaklığında elde edildiğini bildirmişlerdir.

Valensia ve Serna (2011) yaptıkları çalışmada %12 besleme nem içeriği 389.4 rpm vida hızı 200°C namlu çıkış sıcaklığı kullanarak 4 farklı kinoa çeşidinden (Blanca de Juli, Kcancolla, La Molina 89, Sajama) ekstrüzyon ürünleri üretmişlerdir. Araştırmacılar elde edilen bu ürünlerde toplam, çözünmeyen ve çözünebilir besinsel lif içeriği ve toplam polifenol madde içeriğini araştırmışlardır. Tüm çeşitlerde ekstrüzyon işlemi sırasında toplam ve çözünmeyen besinsel lif içeriği azalırken bu azalma yalnızca Sajama çeşidinde anlamlı olduğunu bildirmişlerdir. Aynı zamanda, ekstrüzyon işlemi sırasında çözünür besinsel lif içeriğinde artış olduğunu tespit etmişlerdir. Çözünmeyen besinsel lifin ekstrüzyon sıcaklığı ve vida hızından kaynaklanan kayma gerilimine bağlı olarak çözünür forma geçtiğini, toplam fenolik bileşiklerin içeriğinde ise 4 çeşitte de ekstrüzyon işlemi sırasında arttığı tespit edilmiştir. Çalışmada hammadde olarak kullanılan kinoa çeşitlerinde toplam polifenol madde içerikleri değerleri Blanca de Juli, Kcancolla, La Molina 89, Sajama çeşitleri için sırasıyla 1.42, 1.57, 1.97, 1.63 mg gallik asit eşdeğeri/g kurumadde olarak tespit edilirken; ekstrüde edildikten sonraki değerler ise sırasıyla 1.70, 1.82, 3.28, 1.66 mg gallik asit eşdeğeri/g kurumadde olarak rapor etmişlerdir. Araştırmacılar bu artışın ekstrüzyon işlemi sırasında meydana gelen kayma gerilimi ve yüksek sıcaklığın etkisiyle polifenollerin ekstrakte edilebilirliğindeki artıştan kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Chłopicka ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada buğday ununa %15 ve %30 oranlarında amarant, karabuğday veya kinoa karışımı ekleyip bu karışımlardan ekmek üretimi gerçekleştirmişlerdir. Araştırmada unlardaki toplam flavonoid miktarının ekmeğe göre yaklaşık 3 kat daha fazla olduğunu belirlemişlerdir. Kinoa ununun %30 oranında buğday ununa ilave edilmesi ile üretilen ekmeklerde %15 oranında kinoa unu kullanılarak üretilenlere göre daha yüksek toplam fenolik madde içeriğine sahip olduğu (2.54±0.11 mg/g dw; 1.88±0.07 mg/g kuru madde) belirlenmiştir. Ancak bu değişim toplam

flavonoidlerde ve iki farklı yöntem ile belirlenen antioksidan aktivite değerlerindeki değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Machado ve ark. (2012) kinoanın insanlardaki biyokimyasal ve antropometrik profil ve kan basıncı üzerindeki etkilerini, kardiyovasküler hastalıkların riskini ölçmek için kullanılan parametreleri araştırmışlardır. Yaşları 18–45 arasındaki 22 öğrenciye 30 gün boyunca günde bir kinoalı bar verip, bu grubun glisemik ve biyokimyasal profili üzerinde çalışmışlardır. Bu değerleri belirlemek için, uygulamadan 30 gün önce ve sonra olmak üzere kan örneklerini toplamışlardır. Çalışma sonuçlarına bakıldığında ise toplam kolesterol, trigliserit ve LDL-c düzeyleri düşüş gösterdiği için, kinoanın incelenen grubun bir bölümünde yararlı etkilere sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Araştırmacılar kinoanın bar dışında çerez ürünlere, kahvaltılık tahıllara ve diyet takviyeleri gibi gıda ürünlerine eklenebileceğini vurgulamışlardır.

Miranda ve ark., (2012) çalışmalarında Şili'deki kinoaların beslenme açısından farklılığını araştırmışlardır. Çalışmada Şili'de üç ana üretim alanında yetiştirilen altı farklı ekotip kinoa tohumu (Kuzeyde Ancovinto ya da Yüksek Plato içindeki Cancosa veya Altiplano'da, orta kıyı bölgesindeki Cahuil ve Faro veya ülkenin güneyindeki Regalona ve Villarrica'da) besinsel özellikleri, mineral madde, vitamin ve saponin içeriği bakımından incelenmiştir. Her üç alan için kinoa tohumlarının tüm besinsel özelliklerinde önemli farklılıkların ($p < 0.05$) olduğunu rapor etmişlerdir. Villarrica kinoa ekotipinin en yüksek protein içeriğine (kurumaddede 16.10 g 100/ g) ve en yüksek E ve C vitamini içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir (sırasıyla kurumaddede 4.644 ± 0.240 ve 23.065 ± 1.119 mg 100/ g). En yüksek B1 vitamini (kurumaddede 0.648 ± 0.006 mg /100 g) ve B3 (kurumaddede 1.569 ± 0.026 mg /100 g) vitaminini Regalona ekotipinde bulurken, B2 vitamininin en yüksek değeri (kuru madde 0.081 ± 0.002 mg /100g) Ancovinto ekotipinde tespit etmişlerdir. Mineral olarak en fazla bulunan potasyum, en yüksek Cancosa ekotipinde (kurumaddede 2325.56 mg /100 g) bulmuşlardır. Saponin içeriğini ise Villarrica ekotipindeki kurumaddede 0.84 g 100 g⁻¹ olurken, Cahuil ekotipte 3.91 g /100 g' a değiştiğini rapor etmişlerdir. Araştırmacılar, farklı iklim koşullarında yetiştirilen Şili kinoa ekotipleri arasında önemli farklılıklar bulunduğunu ve tüm kinoa tohumlarının yüksek bir besin değeri sergilediğini belirtmişlerdir. Ayrıca çalışmada kullanılan tüm kinoa ekotiplerinin geleneksel tahılların birçoğundan daha yüksek, olağanüstü bir besin kalitesine sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Taverna ve ark. (2012) araştırmalarında cassava nişastasına %5, %10 ve %15 oranlarında kinoa unu ilave ederek ekstrüzyon ürünleri üretmişlerdir. Elde edilen ürünlerin fiziksel özellikleri üzerine namlu sıcaklığı, vida hızı, besleme nem içeriğı ve ilave edilen kinoa unu miktarının etkisini incelemişlerdir. Ekstrüzyon işlemleri tek vidalı bir ekstrüder kullanılarak gerçekleştirilmiş olup ekstrüzyon ürünlerinin nem oranı ve kinoa unu miktarının genişleme indeksi ve özgül hacim üzerine etkisini araştırmışlardır. Genişleme indeksinin 2.58–4.65 değerleri arasında olduğı ve ekstrüde edilen ürünlerin spesifik hacmi ise 4.11 mL/g ila 10.76 mL/g arasında değıştiğini bildirmişlerdir. Su çözünlülük indeksinin ekstrüzyon öncesinde %4.95 ve %42.37 arasında değıştiğini bulgulamışlardır. Kinoa ununun sıcaklığı ve miktarı, aparatiflerin rengini etkilediğini ve ekstrüzyon işleminin çalışma koşulları ekşi cassava nişastası ve kinoa un aparatiflerinin fiziksel özelliklerini etkilediğini vurgulamışlardır. Araştırmacılar iyi teknolojik özelliklere sahip aparatifleri; %10 kinoa unu, 250 rpm vida hızı, 100°C namlu çıkış sıcaklığı ve %15 besleme nem oranı altında elde ettiklerini açıklamışlardır.

Bhaduri çalışmasında (2013) pirinç ununu ağırlıkça %25, %50, %75 ve %100 oranlarında kinoa unu ile ikame edilerek muffin üretimini gerçekleştirmiştir. Pirinç ununun %100 ve pirinç ununun kinoa unu ile %75'e kadar yer değıştirdiğı formüller ile üretilen örneklerin, %100 kinoa unu ile üretilen örneklere göre duyuşal olarak tüketiciler tarafından beğenildiğı bildirilmiştir. Kinoa unu miktarının artması ile muffin örneklerinin sertlik, yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerlerinin arttığı, esneklik ve yapışkanlık değerlerinin ise değışmediğini rapor etmiştir. Kinoa ununu %25 oranında içeren formül tüketiciler tarafından en beğenilen renge sahip olan ürün olarak seçilirken, %50 ve %75 kinoa unu içeren formüllerin renk değerleri arasında büyük bir fark gözlenmediğı tespit edilmiştir.

Diaz ve ark. (2013) çalışmalarında kurumadde üzerinden %20 oranında amarant, kaniva veya kinoa ilave ederek mısır bazlı ekstrüzyon ürünleri geliştirmişlerdir. Mısır bazlı ekstrüzyon ürünlerinde amarant, kaniva ve kinoa her biri ayrı ayrı ve %20 oranında kullanmışlardır. Çalışmada çift vidalı ekstrüder kullanılmış olup, ekstrüzyon koşulları; besleme nem içeriğı %15, %17 veya %19, vida hızı 200, 350 ve 500 rpm ve sıcaklığı 150, 160 ve 170°C olarak set etmişlerdir. Vida hızının arttırılması ve besleme nem içeriğinin azaltılmasına bağılı olarak genişleme indeksi değerlerinin artış gösterdiği tespit edilmiştir. Kontrol grubu olarak kullanılan %100 mısır unundan üretilen ekstrüdatların

düşük genişleme indeksi ve yüksek sertliğe; amarant ilave ederek üretilen ekstrüdatlarda ise en yüksek genişleme indeksi değerine ulaşıldığını rapor etmişlerdir. Ekstrüzyon işleminde basınç değerleri 15.5–97.4 bar değerleri arasında tork değerleri ise 28.3–44.4 Nm değerlerinde oluşunu bildirmişlerdir. Ayrıca basınç ve tork değerlerinin vida hızı ile ters orantılı olduğunu rapor etmişlerdir. Araştırmacılar amarant, kaniva ve kinoa kullanılarak mısır bazlı glutensiz ekstrüde ürün elde edilebileceğini ortaya koymuşlardır.

Atef ve ark. (2014) araştırmalarında, çölyak ve otizm hastalarına yönelik glutensiz kek ve bisküvi üretmek için buğday unu yerine %25, %50, %75 ve %100 oranlarında kinoa unu kullanmışlardır. Kinoa unu miktarı arttıkça unun su tutma kapasitesi, hamurun gelişme süresi ve yumuşama derecesi yükselmiş ancak hamurun stabilitesi azalmıştır. Kinoa ununun artan oranlarda bisküvi hamuru formülünde kullanılması bisküvilerin çap değerlerini arttırıp, kalınlık değerlerini ise azalttığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar renk ve duyu analizi sonuçlarına göre kek yapımında buğday unuyla kinoa ununun %100 yer değiştirebileceğini, bisküvi üretiminde ise %75'den fazla kinoa unu kullanılmasının bisküvi kalitesini olumsuz yönde etkilediğini bildirmişlerdir.

Brito ve ark. (2015) çalışmalarında, kinoa bazlı glutensiz bisküvi üretimini amaçlamışlardır. Araştırmada farklı oranlarda kinoa unu, kinoa gevreği (quinoa flakes) ve mısır nişastası kullanılarak, geliştirilen bisküvilerde renk, sertlik ve özgül hacim özellikleri değerlendirilerek optimum karışım oranı tespit edilmiştir. Mısır nişastasının kullanıldığı üretimlerde, ürünlerin rengi açık (parlak) iken, kinoa unu kinoa gevreği kullanıldığı formüllerde daha koyu renkli ürünler elde ettiklerini bildirmişlerdir. Kinoa ununun kullanımı hacim değerini düşürürken, kinoa gevreği ve mısır nişastası kullanımı hacim değerini arttırdığını rapor etmişlerdir. Kinoa unu ve kepeğinin kullanılması bisküvi sertliğini arttırırken, mısır nişastası kullanım miktarının artması sertlik değerini azaltmıştır. Bisküvi içeriği %30 kinoa unu, %25 kinoa gevreği ve %45 mısır nişastası içeren formül duyu olarak kabul edilebilir nitelikte olduğu tespit edilmiştir. Geliştirilen formülasyonun glutensiz fırıncılık ürünlerinde (özellikle de bisküvi üretiminde) kullanılabileceği; ayrıca, besinsel lif, aminoasit, esansiyel yağ asidi ve mineral madde açısından kinoa bazı ürünlerin iyi bir kaynak olduğu rapor edilmiştir.

Gearhart ve Rosentrater (2014) yaptıkları araştırmada ekstrüzyon parametrelerinin amarant ve beyaz kinoa bazlı ekstrüdatların kalitesini nasıl etkilediğini araştırmışlardır. Her bir tane ekstrüde edilip daha sonra renk, yığın yoğunluğu, genişleme oranı ve

dayanıklılık gibi ekstrüdat özelliklerini ölçüp ayrıca hammaddenin kimyasal kompozisyonunu belirlemişlerdir. Kinoanın rutubet miktarını %10–13, kül miktarını %3, protein miktarını %12–19, yağ miktarını %5–10 olarak rapor etmişlerdir. Deney koşullarını %20 ve %40 nem içerikleri ve 50 rpm ve 100 rpm'lik vida hızları olarak ayarlamışlardır. Genişleme oranının en yüksek 1.13 sonuç verdiği koşullar nem oranının %20, vida hızının 100 rpm durumunda; en düşük ise 0.92, %40 nem oranı, vida hızının 100 rpm olduğunu rapor etmişlerdir. Genişleme oranının nem miktarının azalmasıyla arttığını vurgulamışlardır. Renk analizlerinde L^* , a^* , b^* değerlerinden L^* değeri en yüksek 69.14 en düşük ise 56.4 olarak rapor etmişlerdir. L^* değerinin vida hızı ile ters orantılı olduğunu bildirmişlerdir. a^* değerlerinin ise en düşük 3.22 en yüksek 6.55 olduğunu ve nem miktarı ile doğru orantılı olduğunu, b^* değerinin ise 18.44–27.81 arasında olduğunu raporlamışlardır. b^* değerinin vida hızı ile doğru orantılı olduğunu ifade etmişlerdir. Beyaz kinoa ekstrüdatlarının yığın yoğunlukları 1.1–1.51 g/cm³ değerleri arasında olduğunu ve yığın yoğunluğunun nem, vida hızı ile korelasyonu olmadığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar hem kinoa hem de amarantın herhangi bir bağlayıcı bileşen olmadan ekstrüde edilebildiğini vurgulamışlardır.

Byars ve Singh (2015), araştırmalarında chia içeren mısır bazlı ekstrüde genişletilmiş ürün elde etmişlerdir. Bu işlem çift vidalı ekstrüder ile gerçekleştirilip vida hızını, farklı nem içerikleri (18-20-22 g/100 g) ve son ısıtma bölgeleri için farklı sıcaklık dereceleri uygulamışlardır (120-140-160°C). Namlu çıkış sıcaklığının, chia içeriğinin ve nemin artması ekstrüdatların genişlemesini azalttığını bildirmişlerdir. Chia içeriğinin artması ile ekstrüzyon işleminin daha zorlaştığını vurgulamışlardır. Ayrıca ekstrüdatların spesifik mekanik enerjilerini hesaplamışlardır. Spesifik mekanik enerjisinin besleme nem miktarı ve namlu çıkış sıcaklığı ile ters orantılı olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar iri taneli mısır unu (cornmeal) ile tüm chia tohumlarının ekstrüzyonu hem chia tohumlarının öğütülmesinde hem de yağın ürün matrisine daha iyi nüfuz etmesinde etkili olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca yağ miktarının artması genişleme indeksini azalttığını ve ürün sertliğini arttırdığı sonucuna ulaşmışlardır.

Cueto ve ark. (2015) araştırmalarında mısır ununa kinoa unu ve iki yeni katkı maddesi, antioksidan özellikleri olan chia ve mor mısır tozu ekstraktı ekleyerek ürettikleri mısır bazlı ekstrüzyon ürünlerini incelemişlerdir. Yüzde 100 mısır unu kullanılarak üretilen ekstrüzyon ürünleri kontrol grubu olarak belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca, mısır

ununa %2 oranında antioksidan madde, %20 kinoa unu, %5 chia unu veya %5 chia unu ve %2 antioksidan madde ilave edilerek farklı formülasyonlar hazırlanmıştır. Hazırlanan karışımlardan ekstrüzyon ürünleri çift vidalı ekstrüder kullanılarak 150°C namlu çıkış sıcaklığında ve her bir ürün için tork değeri %80 olacak şekilde üretilmiştir. Ekstrüzyon ürünlerinin genişleme oranı, yığın yoğunluğu ve nem (rutubet) gibi fiziksel özellikleri incelenmiştir. Çalışmada ayrıca ekstrüdatların akustik ve mekanik özellikleri kesme testi ile belirlenmiştir. En düşük genişleme indeksi değerlerine chia unu ilave edilerek (%5 chia unu, %95 mısır unu ve %5 chia unu, %2 antioksidan madde, %93 mısır unu) üretilen ekstrüzyon ürünlerinde ulaşılmıştır. Bunun nedeni son karışımda chia unundan kaynaklanan yağ içeriğinin yüksek olması ile açıklanmıştır. Yüzde yirmi kinoa unu ilave edilerek üretilen ekstrüzyon ürünlerinin genişleme indeksi değerleri (5.8) kontrol grubu (5.4) ile kıyaslandığında daha yüksek bulunmuştur. Bu farkın istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) olduğunu bildirmişlerdir. Elde edilen genişleme indeksi değerleri ile yığın yoğunluğu değerleri arasında ters korelasyon olduğu rapor edilmiştir. (%100 mısır unu ekstrüdatları için yığın yoğunluğu 0.054 g/cm³; %20 kinoa unu ilave edilerek üretilen ekstrüzyon ürünleri için 0.046 g/cm³) Kontrol grubu ekstrüzyon ürünleri (mısır ekstrüdatları) ile karşılaştırıldığında %20 kinoa unu ilave edilerek üretilen örneklerde sertlik değeri azalmış, fakat bu düşüş istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Akustik test sonucunda ise kinoa unu ile üretilen ekstrüdatların gevreklik değerleri kontrol örneklerine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. ($p<0.05$) Araştırmacılar kinoa unu ilave edilerek üretilen ekstrüdatların pürüzsüz bir yapıya sahip olduğunu, chia ilavesinin ise daha pürüzlü bir ürün yüzeyi oluşturduğunu rapor etmişlerdir.

Diaz ve ark. (2015) amarant, kanıva ve kinoanın; mısır bazlı ekstrüzyon ürünlerinin duyu ve fiziksel özelliklerine olan etkisini incelemişlerdir. Ekstrüzyon koşulları olarak namlu çıkış sıcaklığı 140°C, vida hızı 500 rpm ve besleme nem içeriği ise %14 olarak belirlenmiştir. Amarant, kinoa ve kanıvayı kurumadde üzerinden ve artan içerikleri ile %20, 35 veya %50 oranlarında mısır ununa ilave ederek, aynı ekstrüzyon koşulları altında ekstrüzyon ürünleri üretmişlerdir. Yüksek miktarda amarant, kinoa ve kanıva içeren ekstrüdatlar, az gevrek veya gevrek olarak ayrıca tadının güçlü olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Araştırmacılar mısır bazlı ekstrüzyon ürünlerinin fiziksel ve duyu özelliklerinde gözle görülür değişiklikler olmasına rağmen, amarant, kinoa ve kanıvanın glutensiz ürünlerin gelişimi için umut verici sonuçlar verdiğini rapor etmişlerdir.

Kumar ve ark. (2015) sorgum ve soyafasulyesi unundan oluşan karışımlarını birlikte dönen çift vidalı ekstrüderde işleme tabi tutmuşlardır. Çalışmalarında farklı sorgum ve soyafasulyesi unu karışımlarından oluşan ekstrüdatların proses sonucunda oluşan değişkenlerin etkilerini analiz etmişlerdir. En yüksek su absorpsiyon indeksini (5.01) %20 soya içeriği, %20 besleme oranı, 130°C sıcaklık ve 350 rpm vida hızı koşullarında üretilen ekstrüdatlarda bulmuşlardır. Suda çözünürlük indeksinin en yüksek değeri ise (23.21) %15 soya içeriği, %14 besleme oranı, 140°C sıcaklık ve 400 rpm vida hızı koşullarında olduğunu rapor etmişlerdir. Suda çözünürlük değerlerinin namlu sıcaklığı ile doğru orantılı besleme nem ve vida hızı ile ters orantılı olarak değiştiğini, su bağlama özelliklerinin ise besleme nem ile doğru vida hızı ile doğru orantılı olduğunu vurgulamışlardır. Ekstrüzyon işleminde tork değerlerinin %30.25–50.65 arasında, spesifik mekanik enerjinin ise 81.33–146.53 Wh/kg arasında olduğunu tespit etmişlerdir. Tork değerinin besleme nem, vida hızı ve sıcaklık ile ters orantılı olduğunu bildirmişlerdir. Spesifik mekanik enerjinin ise besleme nem ve namlu çıkış sıcaklığı ile ters, vida hızı ile doğru orantılı olduğunu rapor etmişlerdir. Genişleme oranının 2.357–3.475 arasında değiştiğini yığın yoğunluğunun ise 103–377 kg/m³ değerleri arasında olduğunu tespit etmişlerdir. Düşük besleme nemi, yüksek vida hızı, ortadan hızlıya doğru namlu sıcaklığı ve orta seviyede soya ile elde edilen ürünler yüksek genişleme oranı ve gevrekliğe sahip olup, düşük yığın yoğunluğu ve az sertlikte olduğunu bildirmişlerdir. Bu sonuçların ekstrüde ürünler için iyi karakter özellikler olduğunu vurgulamışlardır.

Robin ve ark. (2015) çalışmalarında tam tahıl unları (teff, millet, sorgum) ve pseudo-tahıl unları (amarant, kinoa) kullanarak aynı ekstrüzyon koşullarında (140°C namlu çıkış sıcaklığı, 400 rpm vida hızı ve %20 besleme nem içeriği) ekstrüde ürünler geliştirmişlerdir. Elde edilen bu ekstrüzyon ürünlerini fiziksel, fizikokimyasal ve mekanik özellikleri bakımından buğday ekstrüdatları ile karşılaştırmışlardır. Kinoa ununun kompozisyonunu kuru madde de protein oranını %12.8, lipid oranını %7, kül miktarının %2.8 olarak tespit edilmiştir. Araştırmada hem ham materyal olarak kullanılan unlar hem de bu unlardan üretilen ekstrüzyon ürünlerinin suda çözünürlük indeksi belirlenmiştir. Suda çözünürlük indeksi bakımından en büyük değişim amarantta (ekstrüzyondan önce %10.6; ekstrüzyondan sonra %60.8) gözlenirken, ham kinoa da bu değer %11.1 ekstrüde kinoa örneklerinde ise %23.5 olarak tespit edilmiştir. Bölgesel genişleme indeksi (sectional expansion index) değeri en yüksek buğday ekstrüdatlarında (22) elde edilirken;

sorgum, kinoa, millet ve teff ekstrüdatlarında (sırasıyla; 14,13,12 ve 11) bu değer buğday örneklerinden oldukça düşük bulunmuştur. Araştırmacılar ayrıca geliştirdikleri tüm ekstrüzyon ürünlerinde sertlik özelliklerini incelemişlerdir. En yüksek sertlik değerleri teff ve amarant (sırasıyla 5.9 ve 5.4 MPa) örneklerinde tespit edilirken, buğday ve kinoa ekstrüdatlarında (sırasıyla 4.4 ve 4.7 MPa) olarak rapor edilmiştir.

Wang ve ark. (2015) araştırmalarında kinoa ununu 85/15, 70/30, 55/45, 40/60, 25/75 ve 10/90 oranlarında buğday ununa karıştırıp, elde edilen hamurların fizikokimyasal özellikleri ve bu unlardan pişirilen ekmek ve bisküvilerin kalite özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmada, kinoa ununun kimyasal bileşimi; %11.02 nem, %14.03 protein, %6.44 yağ ve %2.54 kül içeriğine sahip olduğu rapor edilmiştir. Renk analiz sonuçları ise (L^* , a^* , b^*) sırasıyla 91.81, 0.11 ve 11.54 olarak bulunmuştur. Kinoa unu ve buğday ununun su bağlama ve çözünürlük özellikleri incelenmiştir. Kinoa ununun su bağlama ve çözünürlük özellikleri buğday ununa kıyasla daha yüksek değerde olduğunu bildirmişlerdir. Su bağlama ve çözünürlük değerleri kinoa ve buğday unu için sırasıyla; 2.65–5.73%, 1.88–2.14% olarak rapor edilmiştir. Buğday unu ürünleri ile kinoa-buğday unu karışımından elde edilen ürünler karşılaştırıldığında kinoa unu oranının artırılması ile hacimlerin azaldığı, sertlik ve çiğnenebilirliğin arttığı, renkte ise koyuluğun, kırmızılığın ve sarılığın arttığını rapor etmişlerdir.

Kowalski ve ark. (2016) kepeği ayrılmış olan kinoa unundan üretilen ekstrüzyon ürünlerinin toplam fenolik madde ve saponin içerikleri üzerine ekstrüzyon koşullarının etkilerini araştırmışlardır. Ekstrüzyon ürünleri %15, 20 ve %25 besleme nem içeriği, 300, 400 ve 500 rpm vida hızı ve 120, 140 ve 160°C namlu çıkış sıcaklığı ekstrüzyon koşullarında üretilmiştir. Kinoa ununda toplam fenolik madde içeriği 20.61 ± 0.48 mg GAE/g kurumadde olarak tespit edilmiştir. Tüm ekstrüzyon koşullarında toplam fenolik madde içeriği düşüş gösterirken sadece 160° C namlu sıcaklığı, %15 besleme nem içeriği ve 500 rpm vida hızında üretilen kinoa ekstrüdatlarının toplam fenolik madde içeriği kontrol grubu örnek (kinoa unu) ile benzer bulunmuştur. Toplam fenolik madde içeriğinin ekstrüzyon koşullarından özellikle de sıcaklık uygulamasından ne şekilde etkilendiği bu çalışmada açıkça belirtilmemiştir. Araştırmacılar konuyla ilgili olarak yeni çalışmalara ihtiyaç duyulduğunu bildirmişlerdir. Saponin miktarı, araştırmada hammadde olarak kullanılan kinoa da 61.81 mg/g düzeyinde tespit edilmiştir. Bu değer ekstrüzyon koşullarında 160°C namlu sıcaklığı, 300 rpm vida hızı ve %15 besleme nem içeriği en

düşük seviyede (1.23 mg/g) belirlenmiştir. Sabit namlu çıkış sıcaklığı ve besleme nem içeriği değerlerinde, vida hızı arttırıldıkça saponin içeriği artarken; sabit besleme nem içeriği ve vida hızında namlu çıkış sıcaklığındaki artış ile istatistiksel olarak önemli düzeyde azalma tespit edilmiştir. Tork değerlerinin 18.1–26.1 Nm arasında olduğunu ve ekstrüzyon parametrelerinden besleme nem içeriği, namlu çıkış sıcaklığı ve vida hızı ile değiştiğinin rapor etmişlerdir. En az azalmanın düşük besleme nem içeriği ve yüksek vida hızı ile gerçekleştiğini tespit etmişlerdir. Kinoa ekstrüdatlarının genişleme oranı 1.19–1.67 arasında değiştiğini raporlamışlardır. Genişleme oranının vida hızı ile doğru orantılı olarak, vida hızının ise ters orantılı olarak değiştiğini vurgulamışlardır. Su bağlama ve suda çözünürlük değerleri sırasıyla 2.33–3.05 g/g, 14.5–15.87% olarak bulgulamışlardır. Su bağlama ve çözünürlük değerlerinin namlu çıkış sıcaklığı ve vida hızı ile doğru orantılı olarak değiştiğini belirtmişlerdir. Ekstrüdatların L^* değerlerinin 86.5–88.9 değerleri arasında değiştiğini tespit etmişlerdir.

Nickel ve ark. (2016) dört farklı prosesin (yıkama, yıkamayı takip eden hidrasyon, basınç altında pişirme ve kızartma) kinoada bulunan fenolik bileşikler, antioksidan kapasite ve saponin içeriği üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. İşlenmemiş kinoanın fenolik içeriği 97.60 ± 5.65 mg GAE/100g iken, yıkanmış kinoada 116.77 ± 4.80 mg GAE/100g, kızartma işlemi yapılan kinoada 58.63 ± 3.49 mg GAE/100g ve yıkanıp basınç altında pişirilen kinoanın ise 127.54 ± 7.22 mg GAE/100g değerinde olduğunu bildirmişlerdir. En yüksek fenolik bileşik içeriği basınç altında pişirilme ile gerçekleştiğini rapor etmişlerdir. Kızartma işleminin ise fenolik bileşikler için en fazla kayıplara neden olduğunu bildirmişlerdir. Buharda pişirme veya basınç altında pişirme proseslerinden sonra çalışılan materyallerin fenolik içeriklerinin arttığı birçok çalışmada rapor edilmiştir. Bu durumun sebebi, çözünür fenolik bileşiklerin ekstrakte edilebilirliğinin artması olarak gösterilmiştir. İşlem görmemiş kinoanın antioksidan aktivitesi 30.34 ± 0.42 mgTE/100g olarak bildirilmiştir. Kızartma işleminin fenolik bileşik içeriği ve antioksidan kapasitesi üzerine en büyük azalmaya (24.93 ± 1.77 mgTE/100g) neden olduğu, diğer taraftan basınç altındaki suda pişirme işleminin bu bileşikleri arttırmada en büyük etkiyi gösterdiği rapor edilmiştir. Bu artışın fenolik bileşiklerin artışı ile ilgisi olabileceğini belirtmişlerdir.

Rathod ve Annapure (2017) ekstrüzyon işlemi kullanılarak kabul edilebilir fiziksel ve duyuşal özelliklere sahip ve besinsel açıdan zengin ekstrüde edilmiş noodle üretmeyi

amaçlamışlardır. Ekstrüzyon koşullarını besleme nem oranını %16-20-24, namlu çıkış sıcaklığını 70-95-120°C, vida hızını ise 100-200 rpm olarak belirlemişlerdir. Ekstrüzyon koşullarından namlu çıkış sıcaklığının, vida hızının ve besleme nem miktarının değişmesi suda çözünürlük miktarlarını etkilediğini vurgulamışlardır. Sıcaklık ve vida hızının çözünürlüğü doğru orantılı, besleme nemi ise ters orantılı olarak değiştirdiğini tespit etmişlerdir. Noodle için ekstrüzyon işlemi fitik asit oranını %93.18 azalttığını rapor etmişlerdir. Maximum azalma koşullarının 120°C ve %24 besleme nem içeren ekstrüdatlarda olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca araştırmacılar %20 besleme nemi, 95°C namlu çıkış sıcaklığında 150 rpm vida hızındayken, en kaliteli noodle elde edildiğini vurgulamışlardır.

Kumar ve ark. (2018) soya ve sorgum karışımları için ekstrüzyon koşullarını soya fasulyesi oranı %10-15-20-25-30, besleme nemi içeriği %12-14-16-18-20, namlu çıkış sıcaklığı 110-120-130-140-150°C ve vida hızını 250-300-350-400-450 rpm olarak set etmişlerdir. Yanıt yüzey metodolojisini kullanarak ekstrüzyon koşullarının fitik asit üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Soya fasulyesi oranının arttırılması ile antibesinsel bileşiklerin arttığı fakat ekstrüzyon işlemi ile ekstrüdatların antibesinsel içeriklerinde azalma olduğunu bildirmişlerdir. Fitik asit içeriğinin azalma oranı %57 kadar ulaştığını rapor etmişlerdir. Araştırmacılar soya seviyesinin, namlu sıcaklığının, vida hızının ve besleme nem içeriğinin ekstrüdatlardaki fitik asit içeriğini etkilediğini vurgulamışlardır. Farklı formülasyonlara sahip işlem görmemiş materyallerin fitik asit içeriği 377.83–455.64 mg/100g olurken ekstrüzyon sonrasında bu değer 177.53–311.83 mg/100g olmuştur. Fitik asit içeriğindeki maximum azalma %20 soyafasulyesi, %16 besleme nem oranı, 150°C namlu çıkış sıcaklığı ve 350 rpm vida hızı ekstrüzyon koşullarında gerçekleşmiştir. Minimum azalma koşulları ise %20 soyafasulyesi, %16 besleme nem içeriği 110°C namlu çıkış sıcaklığı ve 350 rpm vida hızı olarak belirtilmiştir. Araştırmacılar sonuç olarak ekstrüzyon işlemi ile fitik asit içeriğindeki maximum azalmanın orta namlu çıkış sıcaklıklarında (140-150°C) ve daha düşük vida hızlarında (300-350 rpm) gerçekleştiğini ifade etmişlerdir.

Lv ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada mercimek unu ve önceden jelatinleştirilmiş patates nişastasından oluşan karışım ile 95–99.5°C namlu sıcaklıklarında ve 40, 80 ve 120 rpm vida hızı koşullarında ekstrüzyon işlemi gerçekleştirmişlerdir. Yığın yoğunluğunun vida hızı ile ters orantılı olduğu fakat genişleme indeksinin vida hızının

arttırılması ile artmış olduğu araştırmacılar tarafından ortaya koyulmuştur. Araştırmacılar farklı vida hızında üretilen ekstrüdatlarda renk analizi yapıp $L^*(-)$, $a^*(-)$, $b^*(-)$ değerlerine ulaşmıştır. Sonuçlara göre vida hızı arttıkça L^* değerinin azaldığı, a^* ve b^* değerlerinin ise önce arttığı daha sonra azaldığı rapor edilmiştir. Tekstür özelliklerine baktıklarında ise gevrekliğin vida hızıyla arttığı sertliğin ise azaldığını bildirmişlerdir. Ham mercimekte bulunan fenolik madde içeriği 3.82 mg gallik asit eşdeğer/ g örnek iken 40,80,120 rpm vida hızındaki değerler sırasıyla 3.18, 5.52, 4.48 mg gallik asit eşdeğer/ g; ekstrüdatların DPPH radikal süpürme aktiviteleri ise hammadde de 4.11 mg vitamin C eşdeğer/g örnek iken 40,80,120 rpm vida hızındaki değerler sırasıyla 3.74, 4.47, 4.45 mg vitamin C eşdeğer/g örnek olduğu rapor edilmiştir. Araştırmacılar hem fenolik madde içeriğinde hem de DPPH radikal süpürme aktivitesi için 80 rpm vida hızında önemli bir artışın olduğunu vurgulamışlardır.

Pellegrinia ve ark. (2018) çalışmalarında 6 farklı kinoa tohumundan elde edilen unların antioksidan özellikleri, polifenolik bileşikler, organik asit, şeker ve yağ asitlerini araştırmışlardır. Araştırmacılar kinoa unlarının protein içeriğini 11.62–13.66 g/100g olarak belirlerken; yağ içeriklerini 4.87–6.48 g/100g düzeyinde tespit etmişlerdir. Çalışmada toplam besinsel lif içeriği ise, 12.71-18.59 g/100g aralığında olduğu rapor edilmiştir. Tüm kinoa unlarının su ve yağ bağlama kapasiteleri (sırasıyla; 1.44–1.80 g su/ g örnek ve 0.89–1.04 g yağ/ g örnek) düşük bulunmuştur. Toplam fenolik madde içeriği çalışılan bu 6 çeşit kinoa ortalama 752.97 $\mu\text{g/g}$ ile 875.84 $\mu\text{g/g}$ aralığında belirlenmiştir. Toplam fenolik madde içeriği her ne kadar geniş bir aralıkta tespit edilmiş olsa, örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. DPPH yöntemi ile gerçekleştirilen antioksidan aktivite değerleri 1.94–5.01 mgTE/g örnek olarak tespit edilirken; ABTS yöntemi ile yürütülen çalışmada ise bu değer 3.88–7.76 mgTE/g örnek olarak rapor edilmiştir.

Samray ve ark. (2019) ekmek israfını azaltmak için yaptıkları çalışmada, ekstrüzyon işlemi ile galeta unundan elde edilen ekstrüdatları buğday unu ekstrüdatlarıyla karşılaştırmışlardır. Ekstrüzyon koşullarından namlu çıkış sıcaklığı 120, 135 ve 150°C, besleme nemi içeriği %13, 15 ve 17, vida hızı ise sabit tutulup 200 rpm olarak ayarlamışlardır. Özellikle düşük besleme nemi içeriğinde (%13), galeta unlarından elde edilen ekstrüdatların (7.57–8.07), buğday unu ekstrüdatlarından (5.88–6.01) daha yüksek genişleme indeksi değerlerine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Buğday ve galeta unu

ekstrüdatlarının yığın yoğunluğu değerleri, her namlu çıkış sıcaklığında artan besleme nemi ile birlikte önemli ölçüde artmıştır. Hem buğday unu ekstrüdatları hem de galeta unu ekstrüdatları için yığın yoğunluğu değerleri kalıp sıcaklığının 120°C den 150°C'ye çıkarılmasıyla azaldığını rapor etmişlerdir. Sonuç olarak bu düşüşler her durum için istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Galeta unu ekstrüdatları, incelenen tüm ekstrüzyon koşullarında buğday unu ekstrüdatlarına göre önemli ölçüde daha yumuşak ve daha gevrek dokuya sahip olduğu belirlenmiştir. Düşük besleme nemi içeriğinde (%13) namlu çıkış sıcaklığının yükselmesiyle suda çözünürlük artarken, daha yüksek besleme nemi değerlerinde (15–17 %) tam tersi etki görüldüğünü belirlemişlerdir. Su bağlama kapasitesi değerleri, besleme nemi içeriğinin %13'ten %17'ye çıkarılmasıyla arttığını bildirmişlerdir. Düşük besleme nemi içeriğinde (%13), buğday unu ekstrüdatlarının su bağlama kapasitelerinin artan çıkış kalıp sıcaklıkları ile azalırken, yüksek besleme nemi içeriğinde (%15 ve %17), tam tersi bir eğilim gösterdiği raporlanmıştır.

Pereira ve ark. (2019) farklı kinoa çeşitlerinin besinsel değerleri ve kimyasal kompozisyonunu araştırmışlardır. Yaptıkları analizler sonucunda beyaz kinoanın % rutubet oranını 9.3, % protein oranını 14.4, % yağ oranını 6, % kül oranını ise 2.6 olarak bulgulamışlardır. Araştırmacılar kinoanın yüksek besleyici değeri ve tokoferol, organik asit gibi moleküller içermesinden dolayı beslenmemiz için yararlı olduğunu vurgulamışlardır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Araştırmanın temel materyali kinoadır. Ekstrüzyon ürünlerinin üretilmesinde materyal olarak kullanılan beyaz kinoa (*Chenopodium quinoa*) Türkiye Kinoa Yetiştiricileri Derneği'nden temin edilmiştir.

3.2. Yöntemler

3.2.1. Ekstrüzyon Ürünlerinin Üretilmesi

Hammadde olarak kullanılan kinoa öğütölüp, 850 µm'lik elekten elendikten sonra Feza Makine firmasının ürettiği laboratuvar tipli çift vidalı ekstrüder ile sabit besleme hızında (4 kg/h) beslenmiştir. Çalışmada namlu çıkış kalıp çapı (2mm) sabit tutulup; ekstrüzyon sistem parametrelerinden namlu sıcaklığı, vida hızı ve besleme nem değerleri ise değişken koşullar olarak seçilmiştir. Üretim koşulları 110-130-150°C namlu sıcaklığı, 150-200-250 rpm vida hızı ve %16-18 besleme nem içeriği olarak ayarlanmıştır. Öndeneme çalışmaları ile karar verilen koşullarda üretimi gerçekleştirilen örnekler fanlı kurutucularda nemi uzaklaştırıldıktan sonra derhal fiziksel analizleri yapılmıştır. Geriye kalan kısım ise Fakir marka Hausgeräte İstanbul/Türkiye öğütücü ile öğütüldükten ve 212 µm'lik elekten elendikten sonra kutulara alınarak ileriki aşama analizlere kadar +4°C'de muhafaza edilmiştir.

3.2.2. Rutubet Miktarı

Hammadde olarak kullanılacak olan kinoanın ve ekstrüdatların rutubet miktarları AACC Metot No: 44-15A (AACCI, 1990)'e göre belirlenmiştir.

3.2.3. Genişleme İndeksi

Hava sirkülasyonlu kurutma fırınlarında nem içerikleri düşürülen ekstrüzyon ürünlerinin çapları kumpas ile ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar ekstrüder çıkış kalıbı çapına bölünerek genişleme indeksi değerleri hesaplanmıştır.

3.2.4. Yığın Yoğunluğu

Ekstrüzyon ürünlerinin yığın yoğunluğu (YY) değerleri (g/cm³) Hwang ve

Hayakawa (1980) ve Meng ve ark. (2010) tarafından tanımlanan hacimsel yer değiştirme prensibine göre kuşyemi (pearl millet) kullanılarak saptanmıştır. YY değerleri Eşitlik 1'e göre hesaplanmıştır.

$$\rho_{eks} = \frac{W_{eks} (g)}{V_c (cm^3) \times \left(1 - \frac{W_{eks+pm} (g)}{W_{pm} (g)}\right)} \quad (1)$$

- ρ_{eks} : ekstrüzyon ürününün YY
 W_{eks} : ekstrüzyon ürününün ağırlığı
 V_c : ölçüm yapılan silindirik kabın hacmi
 W_{eks+pm} : sabit hacimde ekstrüzyon ürünü ve kuşyeminin birlikte ağırlığı
 W_{pm} : sabit hacimde kuşyeminin ağırlığı

3.2.5. Renk Analizi

Farklı koşullarda üretilen ekstrüdatların renk değerleri Konica Minolta cihazı ile tespit edilmiştir. Renk değerleri L^* parlaklığı ifade ederken; (+) a^* kırmızı, (-) a^* yeşil; (+) b^* sarı ve (-) b^* mavi olarak değerlendirilmiştir.

3.2.6 Tekstür Analizi

Farklı koşullarda üretilen ekstrüde örneklerin her birinden 20 adet seçilerek (3 cm boyutunda) TA.XT plus tekstür cihazı ile ekstrüdatların sertlik ve gevreklik özellikleri tespit edilmiştir. Analizde yük hücresi 5 kg, test hızı 2 mm/sn ve test başlangıç yüksekliği 17 mm, olarak ayarlanmıştır. Sertlik değeri maksimum pik yüksekliğini; pik genişliği ise gevrekliğin ölçütüdür.

3.2.7. Protein Tayini

Hammadde de bulunan protein miktarı Kjeldahl yöntemi kullanılarak % cinsinden hesaplanmıştır. Hesaplamadaki azot faktörü 6.25 olarak alınmıştır.

3.2.8. Yağ Tayini

Kinoa unundaki yağ miktarı Gerber yöntemi kullanılarak % cinsinden

hesaplanmıştır.

3.2.9. Kül Tayini

Kinoa unundaki kül miktarı Şimşek laboratuvar markalı kül fırınında yapılarak % cinsinden hesaplanmıştır.

3.2.10. Su Bağlama ve Çözünürlük Özellikleri

Farklı koşullarda tam öğütülmüş kinoa unundan üretilen ekstrüdat örneklerinin su bağlama ve çözünürlük özelliklerinin belirlenmesi için Singh ve Singh (2003) tarafından belirtilen yöntem modifiye edilerek kullanılmıştır. Bu amaçla deney tüplerine 0.5 g örnek tartılıp üzerine 5 ml saf su ilave edilip 5 dakika aralıklarla 15 saniye vorteks ile karıştırılmıştır (8 kez). Karıştırma işlemi sonunda örnekler 2100×g hızda 10 dakika santrifüj uygulanmıştır. Deney tüpünün üst kısmında toplanan sıvı (süpernatant) dikkatli bir şekilde önceden sabit tartıma getirilmiş kurutma kaplarına aktarılmıştır. Çökelen kısım da tartılarak etüvde 100°C’de 1 gece bekletilerek kurutulmuştur. Çözünürlük ve su bağlama değerleri sırasıyla aşağıda verilen Eşitlik 1 ve Eşitlik 2’den yararlanılarak % olarak hesaplanmıştır.

$$\text{Çözünürlük (\%)} = (M_2 / M_1) \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Su bağlama (\%)} = [(M_3 - M_4) / M_1] \times 100 \quad (2)$$

M₁: örnek miktarı, g

M₂: kuru ağırlık, g

M₃: tüpteki yaş çökelti, g

M₄: tüpteki kuru çökelti, g

3.2.11. Fitik Asit Miktarı

Ekstrüzyon ürünlerindeki fitik asit miktarı Haug ve Lantzsch (1983)’e göre yapılmıştır. Örnekteki fitik asit, HCl çözeltisi ile ekstrakte edilip, Fe III çözeltisi ile muamele edildikten sonra çöktürülmesi ve serum kısmında kalan demir miktarının spektrofotometrik yolla tayin edilmesi prensibine dayanmaktadır. Bu sonuçtan yararlanılarak fitik asit miktarı hesaplanmış, elde edilen bulgular mg/100g örnek

cinsinden verilmiştir.

3.2.12. Toplam Fenolik Madde İçeriği

Toplam fenolik madde miktarı Masatcioglu ve ark. (2013) tarafından bildirilen yöntemle göre yapılmıştır. Buna göre dimetilsülfoksit (DMSO) ile %10'luk çözeltisi hazırlanan örnekler bir saat oda sıcaklığında ekstrakte edilmiştir. Toplam polifenolik madde analizlerinde standart grafiğin hazırlanmasında gallik asit kullanılmıştır. 725 nm dalga boyunda okunan absorbans değerlerine karşılık gelen konsantrasyon değerleri hesaplanmış, sonuçlar mg gallik asit / g örnek olarak ifade edilmiştir.

3.2.13. Antioksidan Aktivite Tayini

Geleneksel ekstrüzyon tekniği kullanılarak üretilen ekstrüzyon ürünlerinin antioksidan aktivite değerleri Masatcioglu ve ark. (2013) tarafından belirlenen yöntemle göre yapılmıştır. Bu amaçla öğütülerek 212 µm'lik elekten geçirilen ekstrüzyon ürünlerinden 0.1 g tartılarak üzerine 1 mL distile su ilave edilecek 1 saat süreyle ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Etil alkol ile seyreltilen ekstraktlara 12000 rpm' de 15 dakika santrifüj işlemi uygulanmıştır. Süpernatant üzerine son konsantrasyonu 100 µM olacak şekilde taze hazırlanmış DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radikalinden ilave edilmiştir. 10 dakikalık reaksiyon süresinden sonra örneklerin absorbans değerleri şahit olarak kullanılan saf etanole karşı UV spektrofotometrede (UV-160A Shimadzu Spectrophotometer, Japan) 517 nm' lik dalga boyunda belirlenmiştir. Antioksidan aktivite analizinde, standart grafiğin hazırlanmasında trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethyl-chroman-2-carboxylic acid) kullanılmıştır. 517 nm dalga boyunda okunan absorbans değerlerine karşılık gelen konsantrasyon değerleri hesaplanarak, sonuçlar mmol trolox / kg örnek olarak ifade edilmiştir.

3.2.14 İstatiksel Analiz

Araştırma sonuçları SPSS 16.0 istatistik programı kullanılarak tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile değerlendirilmiştir. Farklar önemli bulunduğunda ($p < 0.05$) ortalamalar DUNCAN testi kullanılarak karşılaştırılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Tam Öğütülmüş Kinoa Ununun Kimyasal Kompozisyonu

Tez çalışması kapsamında hammadde olarak kullanılan tam öğütülmüş kinoa ununun kimyasal bileşimi Çizelge 4.1.'de verilmiştir. Çizelge 4.1.'de görüldüğü üzere ekstrüzyon ürünlerinin üretiminde kullanılan tam kinoa ununun nem içeriği %10.5, protein miktarı %16.3, yağ miktarı %6.6 ve kül miktarı ise %2.78 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.1. Tam öğütülmüş kinoa ununun kimyasal kompozisyonu

Tam Kinoa Unu	
Nem İçeriği (%)	10.5±0.04
Protein Miktarı (%KM*)	16.3±0.25
Yağ Miktarı (%)	6.6±0.57
Kül Miktarı (%KM*)	2.78±0.014

(*) KM: Kurumadde üzerinden hesaplanmıştır.

Doğan ve Karwe (2003) çalışmalarında kullandıkları kinoa ununun (*Chenopodium quinoa*) %10.96 nem, %11.95 protein, %7.19 yağ ve %2.15 kül içeriğine sahip olduğunu rapor etmişlerdir. Alvarez–Jubete ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmada, kinoa (*Chenopodium quinoa*) protein, yağ ve kül içeriği sırasıyla %14.5, %5.2 ve %2.7 olarak bildirilmiştir. Gearhart ve Rosentrater (2014) yaptıkları araştırmada beyaz kinoa (*Chenopodium quinoa*) protein, yağ ve kül miktarını %10–13, protein miktarını %12–19, yağ miktarını %5–10, kül miktarını ise %3 olarak bildirmişlerdir. Wang ve ark. (2015) araştırmalarında kinoa ununun kimyasal bileşimini nem, protein, yağ ve kül içeriği sırasıyla %11.02, %14.03, %6.44 ve %2.54 olduğunu rapor etmişlerdir. Pellegrinia ve ark. (2018) çalışmalarında 6 farklı (white Spanish quinoa (WSQ); white Bolivian Real quinoa (WBQI and WBQII); white Peruvian quinoa (WPQ); red Bolivian Real quinoa (RBQ); black Bolivian Real quinoa (BBQ)) kinoa tohumundan elde edilen unların protein içeriğini 11.62–13.66 g/100g olarak belirlerken; yağ içeriklerini 4.87–6.48 g/100g düzeyinde tespit etmişlerdir. Literatür incelendiğinde kinoa (*Chenopodium quinoa*) kimyasal kompozisyonunun çeşide, iklim ve agronomik özelliklere göre farklılık gösterdiği görülmektedir. Tez çalışması kapsamında ham materyal olarak kullanılan tam öğütülmüş beyaz kinoa ununun bileşimi yapılan önceki

çalışmalarla uyum göstermektedir.

4.2. Ekstrüzyon Sistem Parametreleri

Tez çalışmasında kullanılan deneysel tasarım (ekstrüzyon üretim koşulları; namlu sıcaklığı, besleme nem içeriği, vida hızı) ve tam öğütülmüş kinoa unu ile üretilen ekstrüdatların tork, namlu basıncı ve spesifik mekanik enerji değerleri Çizelge 4.2’de sunulmuştur.

Çizelge 4.2. Deneysel tasarım ve ekstrüzyon sistem parametreleri

Namlu Çıkış Sıcaklığı (°C)	Besleme Nem İçeriği (%)	Vida hızı (rpm)	Tork (Nm)	Namlu Basıncı (kPa)	SME* (Wh/kg)
110	16	150	6.81	7290	74.31
		200	6.55	6690	95.41
		250	6.05	5320	110.09
	18	150	5.88	5640	64.22
		200	5.17	5070	75.23
		250	4.87	3890	88.69
130	16	150	7.23	6040	78.90
		200	5.92	4780	86.24
		250	5.59	4120	101.68
	18	150	5.55	4960	60.55
		200	4.66	3750	67.89
		250	4.58	3190	83.33
150	16	150	5.67	4320	61.93
		200	5.00	3450	72.78
		250	5.50	2940	100.15
	18	150	4.45	3470	48.62
		200	4.08	2550	59.33
		250	4.33	2480	78.75

(*) SME: Spesifik mekanik enerji

Farklı namlu çıkış sıcaklığı, besleme nem içeriği ve vida hızında üretilen kinoa ekstrüdatlarının ortalama tork değerleri 4.08–7.23 Nm arasında değişmiştir (Çizelge 4.2). Tork değerleri aynı namlu çıkış sıcaklığı ve besleme nem içeriğinde vida hızının arttırılması ile genellikle azaldığı tespit edilmiştir. Bu azalma eğilimi 110 ve 130°C namlu çıkış sıcaklığında her iki besleme nem içeriğinde belirgin bir şekilde görülmektedir. Tork değerleri aynı namlu çıkış sıcaklığı ve aynı vida hızında besleme nem içeriğinin arttırılması ile azalmıştır. Aynı besleme nem içeriği ve aynı vida hızı ekstrüzyon koşullarında ise namlu çıkış sıcaklığının arttırılması ile genellikle (%16 besleme nem içeriği ve 150 rpm vida hızında sıcaklığın 110°C’den 130°C’ye çıkarılması hariç) tork değerleri azalmıştır.

Çizelge 4.2 incelendiğinde, farklı ekstrüzyon sistem parametrelerinde üretilen ekstrüzyon ürünlerinin namlu basınç değerlerinin 2480–7290 kPa arasında değiştiği görülmektedir. Namlu basınç değerleri aynı namlu çıkış sıcaklığı ve aynı besleme nem içeriğinde vida hızının arttırılması ile azalmıştır. Diğer ekstrüzyon parametrelerinin sabit tutulduğu koşullarda; besleme nem içeriğinin veya namlu çıkış sıcaklığının arttırılması ile namlu basınç değerlerinde azalma tespit edilmiştir.

Diaz ve ark. (2013) çalışmalarında kurumadde üzerinden %20 oranında amarant, kaniva veya kinoa ilave ederek mısır bazlı ekstrüzyon ürünlerini %15, 17 veya %19 besleme nem içeriği, 200, 350 veya 500 rpm vida hızı ve 150, 160 ve 170°C namlu sıcaklığı koşullarında üretmişlerdir. Çalışmalarında tork değerlerinin 28.3–44.4 Nm arasında, basınç değerlerinin ise 15.5–97.4 bar (1550–9740 kPa) aralığında değiştiğini bildirmişlerdir. Ayrıca basınç ve tork değerlerinin vida hızı ve besleme nem içeriğinin arttırılmasıyla azaldığını rapor etmişlerdir. Tez çalışmasında elde edilen tork değerleri, Diaz ve ark. (2013)’nın bulguları ile kıyaslandığında daha düşük bulunmuştur. Bunun nedeni muhtemelen, tam öğütülmüş kinoa ekstrüdatlarının, %20 kinoa ilave ederek üretilen mısır bazlı ekstrüzyon ürünlerine göre daha yüksek oranda yağ içeriyor olmasıdır.

Çalışma kapsamında farklı ekstrüzyon koşullarında üretilen ekstrüde ürünlerin spesifik mekanik enerji (SME) değerleri 48.62 ile 110.09 Wh/kg arasında bulunmuştur (Çizelge 4.2). SME değerleri besleme nem içeriği ve namlu çıkış sıcaklığının sabit tutulduğu ve vida hızının arttırılması ile artmıştır. Aynı namlu çıkış sıcaklığı ve aynı vida hızında besleme nem içeriğinin arttırılması ile SME değerlerinde azalma gözlenmiştir. Benzer eğilim, aynı besleme nem içeriği ve vida hızında, namlu çıkış sıcaklığının

arttırılmasında da gözlenmiştir. Bu durumdan farklı olarak sadece %16 besleme nem içeriği ve 150 rpm vida hızı koşulunda; namlu çıkış sıcaklığının 110°C'den 130°C'ye çıkarılması ile SME değeri artış göstermiştir.

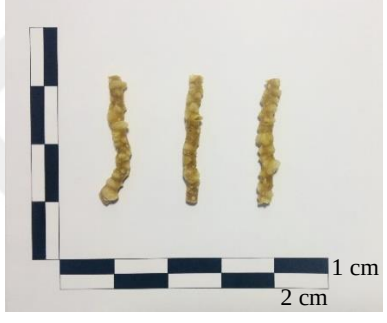
Doğan ve Karwe (2003) kinoadan ürettikleri ekstrüzyon ürünleri için SME değerlerinin 170–402 kJ/kg (47.22–111.67 Wh/kg) arasında olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar çalışmalarında, spesifik mekanik enerjinin besleme nem içeriği ve namlu çıkış sıcaklığının arttırılması ile azaldığını, artan vida hızı ile arttığını rapor etmişlerdir. Çalışmada ayrıca, kinoadan üretilen ekstrüzyon ürünlerinin SME değerlerinin diğer tahıllarla kıyaslandığında daha düşük olduğunu bunun ise; kinoanın içerdiği yüksek yağ oranına bağlı olduğunu bildirmişlerdir.

Diğer bir araştırmada, kepeği ayrılmış olan kinoa unundan üretilen ekstrüzyon ürünlerinin tork değerleri 18.1–26.1 Nm, namlu basınç değerleri 559–1700 psi (3854–11721 kPa), SME değerleri ise 234–536 kJ/kg (65–149 Wh/kg) arasında değiştiği bildirilmiştir (Kowalski ve ark., 2016). Yüksek besleme nem içeriği ve yüksek namlu çıkış sıcaklığının melt viskozitesinde azalmaya; bunun da namlu basıncının azalmasına neden olduğu rapor edilmiştir. Tez kapsamında ulaşılan sistem parametreleri sonuçları Doğan ve Karwe (2003) ve Kowalski ve ark. (2016) çalışmalarında elde ettikleri bulgular ile uyum göstermektedir.

4.3. Tam Öğütülmüş Kinoa Unu Kullanılarak Geliştirilen Ekstrüzyon Ürünlerinin Fiziksel Özellikleri

4.3.1. Farklı Ekstrüzyon Koşullarında Geliştirilen Ekstrüzyon Ürünlerinin Görselleri

Tam öğütülmüş kinoa unundan farklı namlu sıcaklığı, besleme nem içeriği ve vida hızı koşullarında üretilen ekstrüzyon ürünleri otomatik zoom kullanılmaksızın, aynı ölçülü zemin, bakış açısı ve bakış yüksekliği eşit olacak şekilde fotoğraflanmıştır. Elde edilen görseller Şekil 4.1., Şekil 4.2. ve Şekil 4.3.'de verilmiştir.

Vida hızı	Besleme Nem İçeriği	
	%16	%18
150 rpm		
200 rpm		
250 rpm		

Şekil 4.1. Farklı vida hızı ve besleme nem içeriğinde 110°C namlu çıkış sıcaklığında tam öğütülmüş kinoa unundan üretilen ekstrüzyon ürünlerine ait fotoğraflar

Vida hızı	Besleme Nem İçeriği	
	%16	%18
150 rpm		
200 rpm		
250 rpm		

Şekil 4.2. Farklı vida hızı ve besleme nem içeriğinde 130°C namlu çıkış sıcaklığında tam öğütülmüş kinoa unundan üretilen ekstrüzyon ürünlerine ait fotoğraflar

Vida hızı	Besleme Nem İçeriği	
	%16	%18
150 rpm		
200 rpm		
250 rpm		

Şekil 4.3. Farklı vida hızı ve besleme nem içeriğinde 150°C namlu çıkış sıcaklığında tam öğütülmüş kinoa unundan üretilen ekstrüzyon ürünlerine ait fotoğraflar

4.3.2. Genişleme İndeksi ve Yığın Yoğunluğu

Farklı ekstrüzyon koşullarında tam öğütülmüş kinoa unundan üretilen ekstrüdatlara ait genişleme indeksi ve yığın yoğunluğu değerleri Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Farklı ekstrüzyon koşullarında tam öğütülmüş kinoa unundan üretilen ekstrüdatlara ait genişleme indeksi ve yığın yoğunluğu değerleri

Namlu Çıkış Sıcaklığı (°C)	Besleme Nem İçeriği (%)	Vida hızı (rpm)	Genişleme İndeksi	Yığın Yoğunluğu (g/cm ³)
110	16	150	2.11 ±0.03 ^k	0.692±0.011 ^d
		200	3.01 ±0.12 ^{fg}	0.511±0.026 ^f
		250	3.12 ±0.14 ^{ef}	0.479±0.028 ^{fg}
110	18	150	1.80 ±0.08 ^l	1.601±0.044 ^a
		200	2.16 ±0.04 ^k	0.773±0.022 ^b
		250	2.34 ±0.07 ^j	0.739±0.041 ^c
130	16	150	2.60 ±0.09 ^h	0.640±0.016 ^e
		200	3.24 ±0.12 ^{de}	0.357±0.010 ⁱ
		250	4.35 ±0.16 ^b	0.192±0.007 ^j
130	18	150	2.07 ±0.03 ^k	0.791±0.021 ^b
		200	2.55 ±0.04 ^{hi}	0.668±0.044 ^{de}
		250	2.95 ±0.09 ^g	0.434±0.012 ^h
150	16	150	3.25 ±0.05 ^d	0.330±0.041 ⁱ
		200	3.69 ±0.10 ^c	0.214±0.011 ^j
		250	4.98 ±0.11 ^a	0.086±0.002 ^l
150	18	150	2.47 ±0.10 ⁱ	0.667±0.037 ^{de}
		200	3.03 ±0.18 ^{fg}	0.452±0.014 ^{gh}
		250	4.26 ±0.17 ^b	0.157±0.008 ^k

Farklı ekstrüzyon koşullarında üretilen ekstrüdatların ortalama genişleme indeksi değerleri 1.80–4.98 arasında bulunmuştur. En yüksek genişleme indeksi değerine (4.98; Şekil 4.3) 150°C namlu çıkış sıcaklığı, %16 besleme nem içeriği ve 250 rpm vida hızı ekstrüzyon üretim koşullarında ulaşılmış olup; en düşük genişleme indeksi değeri (1.80; Şekil 4.1) için ise bu koşullar 110°C namlu çıkış sıcaklığı, %18 besleme nem içeriği ve

150 rpm vida hızı olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.3).

Kowalski ve ark. (2016) kepeği ayrılmış kinoa unundan farklı ekstrüzyon koşullarında (besleme nem içeriği %15-25; vida hızı 300-500 rpm; namlu sıcaklığı 120-160°C) üretilen ekstrüzyon ürünlerinin genişleme oranı değerlerini 1.19–1.67 arasında olduğunu rapor etmişlerdir. Tez çalışması kapsamında tam öğütülmüş kinoa unundan üretilen ekstrüzyon ürünlerinin genişleme indeksi değerleri, Kowalski ve ark. (2016)'nın çalışmalarında elde ettiği değerlerin oldukça üzerinde bulunmuştur. Doğan ve Karwe (2003) ekstrüzyon teknolojisi kullanılarak geliştirilen en iyi ürünün; yüksek genişleme ve düşük yığın yoğunluğu değerlerine sahip olan ekstrüdatların olduğunu bildirmişlerdir. Benzer sonuçlar Kumar ve ark. (2015) tarafından da tespit edilmiştir. Dolayısıyla, tez çalışması kapsamında tam öğütülmüş kinoa unu kullanılarak geliştirilen ekstrüzyon ürünleri fiziksel kalite özelliklerinden genişleme indeksi değerleri bakımından literatür ile kıyaslandığında bir ilk olma niteliği taşımaktadır.

Tam öğütülmüş kinoa unundan üretilen ekstrüzyon ürünlerinin genişleme indeksi değerleri, her bir namlu çıkış kalıbı sıcaklığı ve besleme nem içeriğinde, vida hızının arttırılması ile istatistiksel olarak önemli düzeyde artış tespit edilmiştir ($p<0.05$; Çizelge 4.3). Ancak, 110°C namlu çıkış kalıbı sıcaklığında, %16 besleme nem içeriğinde vida hızının 200 rpm'den 250 rpm'e çıkarıldığı üretim koşulunda üretilen örneklerin genişleme indeksi değerlerinde önemli düzeyde bir fark görülmemiştir. Aynı namlu çıkış sıcaklığı ve aynı vida hızı koşullarında besleme nem içeriğinin arttırılması ile genişleme indeksi değerleri istatistiksel olarak önemli düzeyde azalmıştır ($p<0.05$; Çizelge 4.3).

Diaz ve ark. (2013) çalışmalarında, vida hızının arttırılması ve besleme nem içeriğinin azaltılmasına bağlı olarak genişleme indeksi değerlerinin artış gösterdiğini tespit etmişlerdir. Buna benzer şekilde, Kowalski ve ark. (2016) genişleme oranının vida hızı ile doğru orantılı, besleme nem içeriği ise ters orantılı olarak değiştiğini bildirmişlerdir. Gearhart ve Rosentrater (2014) tarafından yapılan araştırma da bu bilgileri destekler nitelikte olup, amarant ve beyaz kinoa bazlı ekstrüdatların genişleme oranının nem miktarının azalmasıyla arttığı rapor edilmiştir.

Tez çalışmasında besleme nem içeriğinin ve vida hızının aynı olduğu ekstrüzyon koşullarında ise, namlu çıkış sıcaklığının arttırılması ile genişleme indeksi değerleri istatistiksel olarak önemli oranda artmıştır ($p<0.05$; Çizelge 4.3). Bu durum, arttırılan namlu sıcaklığının namlu içerisinde hamur viskozitesini azaltması ve dolayısıyla

ekstrüzyon prosesi sırasında gözenek oluşumunu pozitif yönde etkilemiş olabileceği ile açıklanabilir (Ding ve ark., 2006). Buna ek olarak, namlu içindeki suyun süper ısınma derecesinin yüksek sıcaklık uygulamalarında daha fazla olduğu ve bunun da ekstrüdatlarda gözenek oluşumunu arttırdığı, daha fazla genişleme oranı sağladığı Ding ve ark. (2006) tarafından bildirilmiştir. Bu bağlamda, tez kapsamında elde edilen genişleme indeksi değerleri literatür ile uyum göstermektedir.

Farklı ekstrüzyon sistem parametreleri kullanılarak tam öğütülmüş kinoa unundan üretilen ekstrüdatların ortalama yığın yoğunluğu değerleri 0.086–1.601 g/cm³ arasında tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Kinoa ekstrüdatlarının en yüksek yığın yoğunluğu değeri (1.601 g/cm³) 110°C namlu çıkış sıcaklığı, %18 besleme nem içeriği ve 150 rpm vida hızı koşulunda elde edilmiştir. Çalışmada, en düşük yığın yoğunluğu değeri (0.086 g/cm³) ise 150°C namlu çıkış sıcaklığı, %16 besleme nem içeriği ve 250 rpm vida hızı koşullarında tespit edilmiştir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3'ten de açıkça görüleceği üzere, yığın yoğunluğu değerleri genişleme indeksi ile ters orantılı bir eğilim göstermiştir. Cueto ve ark. (2015) araştırmalarında mısır ununa kinoa unu ve antioksidan özellikleri olan chia ve mor mısır tozu ekstraktı ekleyerek ürettikleri mısır bazlı ekstrüzyon ürünlerinde genişleme indeksi değerleri ile yığın yoğunluğu değerleri arasında ters korelasyon olduğunu rapor etmişlerdir.

Tez çalışmasında üretilen kinoa ekstrüdatlarının yığın yoğunluğu değerleri besleme nem içeriğinin artırılması ile önemli oranda artmıştır ($p<0.05$). Bu durum; ekstrüzyon işlemi sırasında namlu kalıbı çıkışından yeterli düzeyde buharın üründen uzaklaşmaması, bir diğer ifadeyle, su buharının sistemi terk etmesi ve nihai üründe homojen şekilde gözenek yapısını oluşturabilecek ekstrüzyon koşullarının sağlanamaması ile açıklanabilir. Dolayısıyla, buharlaşarak kitleyi terk etmeyen su, yığın yoğunluğu daha yüksek ürüne neden olmaktadır (Baik ve ark., 2004; Asare ve ark., 2004).

Ekstrüde ürünlerin yığın yoğunluğu değerlerinin vida hızının artırılması (110°C namlu çıkış sıcaklığı, %16 besleme nem içeriğinde vida hızının 200 rpm'den 250 rpm'e çıkarıldığı koşul hariç) ve artan namlu çıkış sıcaklığı ile istatistiksel olarak azaldığı tespit edilmiştir ($p<0.05$; Çizelge 4.3). Mercimek bazlı ekstrüzyon ürünlerinde artan vida hızı ile yığın yoğunluğu değerlerinde düşüş olduğu Lv ve ark. (2018) tarafından bildirilmiştir. Öte yandan, Samray ve ark. (2019) tarafından yapılan çalışmada buğday ve galeta unu ile geliştirilen ekstrüzyon ürünlerinin yığın yoğunluğu değerlerinin kalıp sıcaklığının

120°C den 150°C'ye çıkarılmasıyla azaldığını rapor edilmiştir. Tez çalışması kapsamında üretilen kinoa ekstrüdatlarının yığın yoğunluğu değerleri literatür ile uyumlu bulunmuştur.

4.4. Suda Çözünürlük ve Su Bağlama

Farklı ekstrüzyon koşullarında tam öğütülmüş kinoa unundan üretilen ekstrüdatlara ait suda çözünürlük ve su bağlama değerleri Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Farklı ekstrüzyon koşullarında tam öğütülmüş kinoa unundan üretilen ekstrüzyon ürünlerinin suda çözünürlük ve su bağlama değerleri

Namlu Çıkış Sıcaklığı (°C)	Besleme Nem İçeriği (%)	Vida hızı (rpm)	Suda Çözünürlük (%)	Su Bağlama Kapasitesi (%)
110	16	150	14.04±0.25 ⁱ	315.70±2.82 ⁱ
		200	18.57 ±0.09 ^e	360.08±0.20 ^{ef}
		250	20.85±0.32 ^c	383.85±1.52 ^b
110	18	150	10.97±0.16 ^l	297.56±4.35 ^j
		200	13.13±0.16 ^j	330.88±1.17 ^h
		250	15.77±0.20 ^g	383.89±3.83 ^b
130	16	150	15.31±0.41 ^g	344.02±1.12 ^g
		200	18.26±0.49 ^e	363.65±1.64 ^{de}
		250	22.57±0.29 ^b	384.76±1.25 ^b
130	18	150	11.57±0.01 ^k	311.88±3.94 ⁱ
		200	14.62±0.14 ^h	357.22±2.73 ^f
		250	16.86±0.04 ^f	394.98±1.52 ^a
150	16	150	15.70±0.10 ^g	363.92±3.57 ^{de}
		200	18.41±0.14 ^e	368.82±1.81 ^{cd}
		250	24.70±0.20 ^a	379.79±2.72 ^b
150	18	150	11.74±0.23 ^k	360.84±0.92 ^{ef}
		200	14.34±0.16 ^{hi}	373.03±0.47 ^c
		250	19.31±0.51 ^d	396.77±3.72 ^a

Kinoa ekstrüdatlarının ortalama suda çözünürlük değerlerinin %10.97–24.70 arasında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek suda çözünürlük değerine (%24.70) 150°C

namlu çıkış sıcaklığı, %16 besleme nem içeriği ve 250 rpm vida hızı ekstrüzyon koşullarında ulaşılmıştır. Ekstrüzyon ürünlerinden en düşük suda çözünürlük değerine (%10.97) sahip olan ise; 110°C namlu çıkış sıcaklığı, %18 besleme nem içeriği ve 150 rpm vida hızı ekstrüzyon koşullarında üretilmiştir. Suda çözünürlük değerleri artan vida hızı ile istatistiksel olarak önemli düzeyde arttığı, artan besleme nem içeriği ile ise istatistiksel olarak önemli oranda azaldığı tespit edilmiştir ($p<0.05$). Genel olarak namlu çıkış sıcaklığının arttırılması ile suda çözünürlük değerlerinin arttığı belirlenmiştir. Aynı besleme nem içeriğinde ve 250 rpm vida hızı koşullarında namlu çıkış sıcaklığının arttırılması ile suda çözünürlük değerlerinin istatistiksel olarak önemli düzeyde arttığı belirlenmiştir ($p<0.05$).

Doğan ve Karwe (2003) ekstrüzyon sistem koşullarının kinoa ekstrüdatlarının suda çözünürlük sonuçlarını etkilediğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar çalışmalarında, suda çözünürlük değerlerinin vida hızı ve namlu çıkış sıcaklığının arttırılması ile arttığını, besleme nem içeriğinin arttırılması ile azaldığını rapor etmişlerdir. Bunun nedeninin ise yüksek termal ve mekanik enerji girdilerinin nişasta deksinizasyonunu etkilediğinden kaynaklanıyor olabileceğini bildirmişlerdir.

Hagenimana ve ark. (2006) sert ekstrüzyon üretim koşullarının olduğu durumlarda nişastanın granüler yapısının parçalanmasının daha fazla olduğunu ve bunun bir sonucu olarak suda çözünen madde miktarının arttığını bildirmişlerdir. Besleme nem içeriğinin düşük olması namlu içeriğindeki nişastanın daha büyük kesme kuvvetine maruz kalarak parçalanmasına neden olduğunu rapor etmişlerdir.

Tez çalışması kapsamında üretilen ekstrüzyon ürünlerinin su bağlama değerleri %297.56–396.77 arasında tespit edilmiştir (Çizelge 4.4). Ekstrüdatların su bağlama kapasiteleri artan vida hızı ile istatistiksel olarak önemli düzeyde (150°C namlu çıkış sıcaklığı, %16 besleme nem içeriğine sahip örneğin vida hızının 150 rpm’den 200 rpm’e arttırıldığı durum hariç olmak üzere) artmıştır ($p<0.05$). Namlu çıkış sıcaklığının arttırılması ile genel olarak artış gösteren su bağlama değerleri, her bir örnek için istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Düşük namlu çıkış sıcaklığı (110°C ve 130°C) ve düşük vida hızı (150 ve 200 rpm) koşullarında üretilen kinoa ekstrüzyon ürünlerinin su bağlama kapasitesi değerleri besleme nem içeriği arttırıldıkça önemli düzeyde azalmıştır ($p<0.05$; Çizelge 4.4).

Singh ve ark. (2007) ekstrüzyon tekniğini kullanarak ürettikleri pirinç ve bezelye

irmik karışımı ekstrüdatların su bağlama kapasitelerinin namlu çıkış sıcaklığının arttırılması ile artış gösterdiğini bildirmişlerdir.

Kowalski ve ark. (2016) kinoa'dan üretilen ekstrüzyon ürünlerinin su bağlama ve suda çözünürlük değerlerini sırasıyla 2.33–3.05 g/g, %14.5–15.87 olarak rapor etmişlerdir. Su bağlama değerlerinin namlu çıkış sıcaklığı ve vida hızı arttırılması ile artarak değiştiğini ve test edilen nem aralığında (%15, 20 ve 25) maksimum değere ulaştığını belirtmişlerdir. Bu durum nişastanın makromoleküler degradasyonuna bağlı olarak tamamen jelatinize olması ve çözünürlüğün artması ile açıklanabilir. Araştırmacılar aynı şekilde, suda çözünürlük değerlerinin de namlu sıcaklığı ve vida hızının arttırılması ile arttığını ve besleme nem içeriğinin düşüşüne bağlı olarak azaldığını rapor etmişlerdir. Doğan ve Karwe (2003) ise çalışmalarında, su absorpsiyon değerini 4.5 g/g; suda çözünürlük değerini %28 olarak tespit etmişlerdir. Literatürde gözlenen bu farklı sonuçlar, sadece ekstrüzyon proses koşullarına bağlı olarak değişim göstermemekte, aynı zamanda hammaddenin kompozisyonuna, özellikle düşük karbonhidrat içeriğine ve jelatinizasyon derecesine bağlıdır.

4.5. Tekstür Özellikleri

Farklı ekstrüzyon koşullarında tam öğütülmüş kinoa unundan üretilen ekstrüdatların sertlik ve gevreklik değerleri Çizelge 4.5’de verilmiştir.

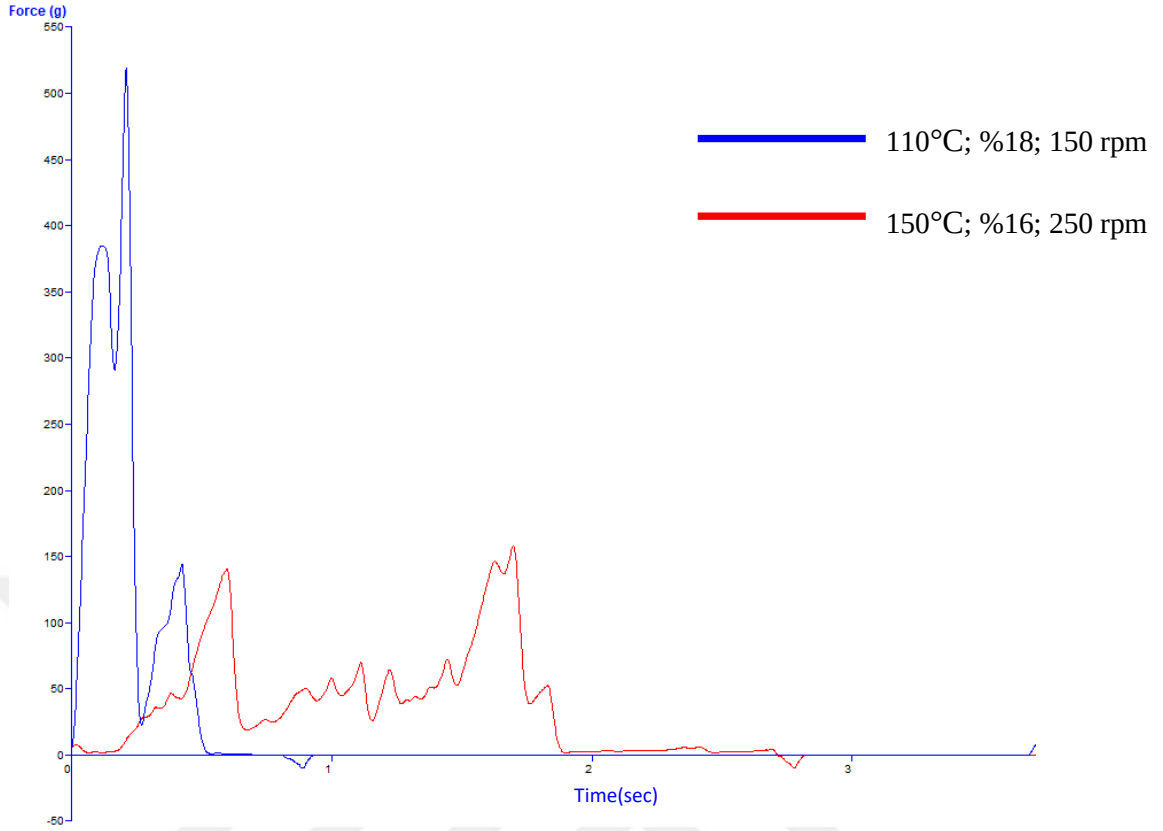
Tam öğütülmüş kinoa unundan üretilen ekstrüdatların tekstür analiz kapsamında sertlik ve gevreklik değerleri belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre farklı ekstrüzyon koşullarında üretilen kinoa ekstrüdatlarının ortalama sertlik değerleri 149.88–508.42 g arasında tespit edilmiştir. En yüksek sertlik değerine (508.42 g) sahip olan örnek 110°C namlu çıkış sıcaklığı, %18 besleme nem içeriği ve 150 rpm vida hızı koşullarında üretilmiştir. 150°C namlu çıkış sıcaklığı, %16 besleme nem içeriği ve 250 rpm vida hızı ekstrüzyon koşullarında ise en düşük sertlik değerine (149.88 g) ulaşılmıştır (Çizelge 4.5; Şekil 4.4).

Meng ve ark. (2010) ekstrüdatların düşük sertlikte olması istenilen özellik olduğunu ve bu özelliğin düşük besleme nem içeriği, yüksek namlu sıcaklığı ve yüksek vida hızı ekstrüzyon koşullarında gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Sertlik özelliği için verilen bu sonuç tez çalışması ile uyum göstermektedir.

Çizelge 4.5. Farklı ekstrüzyon koşullarında tam öğütülmüş kinoa unundan üretilen ekstrüdatların sertlik ve gevreklik değerleri

Namlu Çıkış Sıcaklığı (°C)	Besleme Nem İçeriği (%)	Vida hızı (rpm)	Sertlik (g)	Gevreklik (pik sayısı)
110	16	150	487.16±81.23 ^{ab}	9.00±2.16 ^{ef}
		200	434.19±114.23 ^{a-e}	11.90±2.38 ^{cd}
		250	384.48±55.38 ^{d-f}	13.90±3.11 ^c
110	18	150	508.42±31.64 ^a	5.30±1.70 ^g
		200	465.39±115.41 ^{a-c}	9.30±1.83 ^{ef}
		250	414.74±62.77 ^{b-e}	10.20±2.78 ^{d-f}
130	16	150	434.56±81.90 ^{a-e}	11.10±2.92 ^{de}
		200	386.76±52.29 ^{d-f}	13.70±1.83 ^c
		250	297.77±33.23 ^{g-i}	17.70±3.23 ^b
130	18	150	449.72±82.53 ^{a-d}	8.40±0.97 ^f
		200	400.64±91.32 ^{c-e}	10.90±2.23 ^{de}
		250	369.57±99.37 ^{e-g}	13.60±1.71 ^c
150	16	150	312.12±78.90 ^{gh}	13.50±1.35 ^c
		200	245.03±68.87 ^{hi}	17.20±2.04 ^b
		250	149.88±14.10 ^j	24.10±2.38 ^a
150	18	150	390.55±76.00 ^{c-f}	10.30±1.95 ^{d-f}
		200	322.03±77.55 ^{fg}	13.90±2.38 ^c
		250	229.26±36.96 ⁱ	17.80±2.35 ^b

Ekstrüzyon parametrelerinden namlu çıkış sıcaklığının ve besleme nem içeriğinin sabit tutulup, vida hızının artırılması ile sertlik değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Bu azalma eğilimi, tüm namlu çıkış sıcaklığı ve besleme nem içeriklerinde vida hızının 150 rpm'den 250 rpm'e çıkartılması ile istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Aynı namlu sıcaklığı ve vida hızında besleme nem içeriğinin %16'dan %18'e çıkarılması ile tam öğütülmüş kinoa unundan üretilen ekstrüdatların sertlik değerleri artmıştır. Bu artış sadece 150°C namlu çıkış sıcaklığında üretilen örnekler için istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$; Çizelge 4.5).



Şekil 4. 4. En yüksek sertlik ve gevreklik değerine sahip ekstrüzyon ürünlerine ait tekstür profili

Namlu çıkış sıcaklığının artırılıp diğer sistem parametrelerinin sabit tutulduğu ekstrüzyon üretim koşullarında, ekstrüde ürünlerin sertlik değerleri azalmıştır (Çizelge 4.5). Tüm üretim koşullarında namlu çıkış sıcaklığının 110°C'den 150°C'ye çıkartılması ile ekstrüdatların sertlik değerleri önemli düzeyde azalmıştır ($p<0.05$). Namlu çıkış sıcaklığının artırılıp diğer sistem parametrelerinin sabit tutulduğu ekstrüzyon üretim koşullarında, ekstrüde ürünlerin sertlik değerleri azalmıştır.

Sebio ve Chang (2000) araştırmalarında namlu sıcaklığının artırılması ve besleme nem içeriğinin azaltılması ile ekstrüdatların sertlik değerlerinin azaldığını bildirmişlerdir. Seth ve ark. (2015) namlu sıcaklığının arttırılması ile sertlik değerininin azaldığını ve bunun nedeninin ise, yüksek sıcaklıklarda genişleme indeksinin artmasından kaynaklanabileceğini rapor etmişlerdir. Ding ve ark. (2006) buğday unundan ürettikleri ekstrüdatların, namlu sıcaklığının arttırılması ile sertlik değerlerinin ve erimiş haldeki kütle viskozitesinin azaldığını bildirmişlerdir. Eriyik viskozitesinin kabarcık büyümesini, dolayısıyla; genişlemeyi arttırdığını ve yoğunluğu düşürerek daha yumuşak ekstrüdat oluşmasına sebep olduğunu rapor etmişlerdir.

Kinoa ekstrüdatlarının ortalama gevreklik değerleri 5.30–24.10 arasında bulunmuştur (Çizelge 4.5). Tam öğütülmüş kinoa unundan üretilen örneklerin en yüksek gevreklik değerine (24.10) ekstrüzyon parametrelerinin 150°C namlu çıkış sıcaklığı, %16 besleme nem içeriği ve 250 rpm vida hızı olduğu koşulda ulaşılmıştır. Ekstrüzyon ürünlerinin en düşük gevreklik değerine (5.30) ulaşıldığı koşullar ise; 110°C namlu çıkış sıcaklığı, %18 besleme nem içeriği ve 150 rpm vida hızı olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.5).

Ekstrüde ürünlerin üretim koşullarından namlu çıkış sıcaklığı ve besleme nem içeriğinin sabit tutulup vida hızının artırılması ile örneklerin gevreklik değerleri artmıştır. Bu artış eğilimi 130°C ve 150°C namlu çıkış sıcaklığında üretilen tüm kinoa ekstrüzyon ürünlerinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Tüm ekstrüzyon üretim koşullarında besleme nem içeriğinin artırılması ile ürünlerin gevreklik değerleri istatistiksel olarak önemli düzeyde azalmıştır ($p<0.05$). Aynı besleme nem içeriği ve vida hızında namlu çıkış sıcaklığı arttırıldıkça tam öğütülmüş kinoa unundan üretilen örneklerin gevreklik değerleri artmıştır. Bu artış namlu çıkış sıcaklığının 110°C'den 150°C'ye çıkartılması ile istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$).

Lv ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada mercimek unu ve pre-jelatinize edilmiş patates nişastasından oluşan karışım ile 95–99.5°C namlu sıcaklıklarında ve 40, 80 ve 120 rpm vida hızı koşullarında ekstrüzyon işlemi gerçekleştirmişlerdir. Araştırmacılar vida hızının arttırılması ile gevrek değerlerinin arttığını, sertlik değerlerinin ise azaldığını bildirmişlerdir.

4.6. Renk Değerleri

Tam kinoa unundan elde edilen ekstrüdatların L^* , a^* , b^* değerleri Çizelge 4.6'da verilmiştir. Ham materyal olarak kullanılan kinoa ununun L^* , a^* , b^* değerleri sırasıyla 80.72, -0.23, 14.93 olarak bulunmuştur. Doğan ve Karwe (2003) çalışmalarında kinoa ununun renk değerlerini (L^* , a^* ve b^*) sırasıyla; 87.27, -0.48 ve 11.94 olarak rapor etmişlerdir. Tez kapsamında bulunan renk değerleri her ne kadar literatür ile farklılık gösteriyor olsa da, kinoanın çeşidi, agronomik koşullar gibi birçok faktör renk değeri üzerine kayda değer etkilere sahiptir.

Çizelge 4.6. Farklı ekstrüzyon koşullarında tam öğütülmüş kinoa unundan üretilen ekstrüdatların L^* , a^* , b^* değerleri

Namlu Çıkış Sıcaklığı (°C)	Besleme Nem İçeriği (%)	Vida hızı (rpm)	L^*	a^*	b^*
110	16	150	78.70±0.12 ^h	-0.55±0.03 ^{hi}	18.69±0.45 ^{jk}
		200	78.96±0.18 ^g	-0.33±0.04 ^e	19.60±0.06 ^g
		250	80.24±0.01 ^c	-0.32±0.06 ^e	19.54±0.14 ^g
110	18	150	77.77±0.08 ^j	-0.76±0.02 ^k	18.31±0.14 ^l
		200	78.42±0.31 ⁱ	-0.65±0.03 ^j	18.76±0.11 ^{i-k}
		250	79.30±0.08 ^f	-0.59±0.02 ⁱ	18.97±0.04 ⁱ
130	16	150	80.77±0.19 ^b	-0.54±0.03 ^{g-i}	18.64±0.03 ^k
		200	81.24±0.05 ^a	-0.46±0.02 ^f	18.90±0.11 ^{ij}
		250	79.31±0.14 ^f	0.19±0.01 ^c	21.28±0.09 ^c
130	18	150	78.56±0.08 ^{hi}	-0.52±0.03 ^{gh}	18.97±0.20 ⁱ
		200	79.49±0.10 ^{ef}	-0.49±0.01 ^{fg}	19.26±0.09 ^h
		250	79.33±0.13 ^f	-0.25±0.04 ^d	20.24±0.09 ^e
150	16	150	79.44±0.11 ^{ef}	0.16±0.05 ^c	21.21±0.24 ^c
		200	80.00±0.05 ^d	0.18±0.02 ^c	20.82±0.16 ^d
		250	78.68±0.17 ^h	1.04±0.05 ^a	22.83±0.20 ^a
150	18	150	79.63±0.12 ^e	-0.31±0.02 ^e	19.99±0.13 ^f
		200	80.59±0.07 ^b	-0.33±0.04 ^e	19.73±0.10 ^g
		250	79.02±0.21 ^g	0.28±0.02 ^b	21.55±0.07 ^b

Tam kinoa unundan elde edilen ekstrüdatların L^* , a^* , b^* değerleri Çizelge 4.6’da verilmiştir. Ekstrüdatlar ile kinoa ununun renk değerleri kıyaslandığında ekstrüdatların L^* değerinin genel olarak kinoa ununun değerine yakın veya daha düşük olduğu bulunmuştur. Ekstrüdatların a^* değeri yani kırmızılık-yeşillik değerleri kinoa ununa göre daha yeşil, b^* değeri ise daha sarı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Namlu çıkış sıcaklığının 110°C’ye set edildiği üretim koşulunda vida hızının artırılmasıyla L^* değeri istatistiksel olarak önemli düzeyde artmıştır ($p<0.05$). Ancak 130°C ve 150°C’de üretilen ekstrüdatlarda L^* değeri vida hızındaki artışa paralel bir

eğilim göstermemiştir.

Kinoa ekstrüdatlarının ekstrüzyon üretim koşullarından vida hızının sabit tutulup, namlu çıkış sıcaklığının 110°C’de olduğu durumlarda besleme nem miktarının arttırılması ile L^* değeri istatistiksel olarak azalmıştır ($p<0.05$). Diğer üretim koşullarında besleme nem içeriğinin ekstrüzyon ürünlerinin L^* değeri üzerine doğrusal bir etkisi olmadığı görülmektedir (Çizelge 4.6).

Tam kinoa unundan elde edilen ekstrüdatların düşük besleme nem koşulunda (%16) namlu çıkış sıcaklığının yükseltilmesiyle L^* değerinde azalma eğilimi olduğu, yüksek besleme nemi (%18) için tam tersi olarak artma eğilimi gözlenmiştir.

Renk değerlerinden a^* için genel olarak namlu çıkış sıcaklığının ve vida hızının arttırılması ile kırmızılık değerlerinin arttığı (a^+) besleme nem içeriğinin arttırılması ile ise tersi bir durum tespit edilmiştir.

Kinoa ekstrüdatlarının b^* değeri namlu sıcaklığının 110°C’den 150°C’ye çıkartılması ile istatistiksel olarak önemli düzeyde artış göstermiştir ($p<0.05$). Besleme nem içeriğinin arttırılması ile b^* değerinde genel olarak azalma gözlenmiştir (Çizelge 4.6).

Kaur ve ark. (2015) tahıl kepekleri içeren ekstrüdatların renk değerlerinin ekstrüzyon koşullarından namlu çıkış sıcaklığı ve besleme nem miktarı ile değiştiğini tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, parlaklığı ifade eden L^* ve sarılığı ifade eden b^* değerlerinin namlu sıcaklığı ve besleme nem miktarının arttırılması ile azaldığını, a^* (kırmızılık) değerinin ise, sıcaklık ve nem ile orantılı olarak arttığını rapor etmişlerdir.

Singkhornart ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada, tam buğday ve çimlendirilmiş buğday unlarından farklı kalıp sıcaklıklarında (90 ve 130°C), farklı vida hızlarında (150 ve 200 rpm) ve CO₂ enjeksiyonu uygulayarak çift vidalı ekstrüderde üretim gerçekleştirmişlerdir. Renk analiz sonuçlarında L^* değerinin namlu çıkış sıcaklığı ile ters, a^* ve b^* değerinin ise doğru orantılı olarak değiştiğini tespit etmişlerdir.

Gearhart ve Rosentrater (2014) yaptıkları çalışmada amarant ve beyaz kinoa bazlı ekstrüdatların renk analizlerinde L^* değerini en yüksek 69.14 en düşük ise 56.4 olarak rapor etmişlerdir. Çalışmada a^* ve b^* değerlerinin ise sırasıyla, 3.22–6.55 ve 18.44–27.81 aralığında değiştiğini tespit etmişlerdir. L^* değerinin vida hızı ile ters orantılı, a^* değerinin nem miktarı ile doğru orantılı, b^* değerinin ise vida hızı ile doğru orantılı değişim gösterdiğini bildirmişlerdir.

Literatürde ekstrüzyon üretim koşullarının renk değerleri üzerine etkisi konusunda birçok farklı görüş olmasına rağmen, ekstrüzyon ürünlerinde meydana gelen renk değişiminin Maillard reaksiyonu ve karamelizasyondan ileri gelebileceği görüşü yaygındır (Singkhornart ve ark., 2014; Kaur ve ark., 2015).

4.7. Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Aktivite

Tez çalışmasında tam kinoa ununun toplam fenolik madde içeriği 1.60 mg GA/g örnek olarak bulunmuştur. Valensia ve Serna (2011) araştırmalarında 4 farklı kinoa çeşidinde (Blanca de Juli, Kcancolla, La Molina 89, Sajama) toplam polifenol madde içeriğini sırasıyla 1.42, 1.57, 1.97, 1.63 mg GA/g örnek olarak tespit edilmiştir. Tez kapsamında kullanılan tam kinoa ununun toplam fenolik madde içeriği ile literatür değerleri uyum göstermektedir.

Farklı ekstrüzyon koşullarında tam öğütülmüş kinoa unundan üretilen ekstrüdatlara ait toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite içerikleri Çizelge 4.7’de verilmiştir. Tam kinoa unundan elden edilen ekstrüzyon ürünlerinin toplam fenolik madde içeriği 0.82–1.26 mgGA/g örnek arasında bulunmuştur. Ekstrüde ürünlerin fenolik madde içeriği genel olarak vida hızı ve besleme nem içeriğine bağlı olmadığı gözlenmiştir (Çizelge 4.7). Fenolik madde içeriklerinin en yüksek değerlerine 150°C namlu çıkış sıcaklığında üretilen örneklerde ulaşılmıştır. Bisharat ve ark. (2015) çalışmalarında brokoli ile zenginleştirilmiş mısır unu bazlı ekstrüde atıştırmalık gıdalarda fenolik madde içeriğinin ekstrüzyon koşullarından vida hızı ile etkilenmediğini ve fakat ekstrüzyon sıcaklığının artırılması ile fenolik madde içeriğinin arttığını rapor etmişlerdir.

Kinoa ununun antioksidan aktivitesi 4.19 µg trolox/mg örnek olarak tespit edilmiştir. Pellegrinia ve ark. (2018) çalışmalarında 6 farklı kinoa tohumundan elde edilen unların antioksidan özelliklerini DPPH yöntemi tespit edip antioksidan aktivite değerlerini 1.94–5.01 mg TE/g örnek olarak bildirmişlerdir.

Tez kapsamında üretilen ekstrüdatların antioksidan içerikleri 3.30–4.62 µg trolox/mg örnek değerleri arasında bulunmuştur (Çizelge 4.7). Ekstrüzyon sistem parametrelerinden vida hızı ve besleme nem içeriğindeki artışa paralel olarak antioksidan aktivite değerlerinde doğrusal bir değişim gözlenmemiştir. Hem toplam fenolik madde içeriği hem de antioksidan aktivite bakımından en yüksek değere, 150°C namlu çıkış sıcaklığı, %16 besleme nem içeriği ve 250 rpm vida hızı ekstrüzyon koşullarında üretilen

örnekte ulaşılmıştır.

Çizelge 4.7. Farklı ekstrüzyon koşullarında tam öğütülmüş kinoa unundan üretilen ekstrüdatların antioksidan ve fenolik madde içerikleri

Namlu Çıkış Sıcaklığı (°C)	Besleme Nem İçeriği (%)	Vida hızı (rpm)	Fenolik madde içeriği (mg GA/g örnek)	Antioksidan (µg trolox/mg örnek)
110	16	150	0.88±0.05 ^{gh}	3.30±0.32 ^g
		200	0.98±0.02 ^{e-g}	4.00±0.16 ^{cd}
		250	0.94±0.03 ^{fg}	3.46±0.03 ^{fg}
110	18	150	0.96±0.06 ^{fg}	4.20±0.06 ^{bc}
		200	1.02±0.06 ^{d-f}	4.11±0.29 ^{bd}
		250	0.93±0.11 ^{fg}	3.30±0.23 ^g
130	16	150	0.97±0.05 ^{e-g}	3.32±0.28 ^g
		200	1.02±0.05 ^{d-f}	3.80±0.18 ^{de}
		250	0.97±0.09 ^{e-g}	3.66±0.07 ^{ef}
130	18	150	1.03±0.16 ^{d-f}	3.45±0.09 ^{fg}
		200	0.82±0.02 ^h	3.44±0.16 ^{fg}
		250	0.96±0.07 ^{e-g}	3.69±0.08 ^{ef}
150	16	150	1.11±0.03 ^{b-d}	4.19±0.18 ^{bc}
		200	1.21±0.02 ^{ab}	4.19±0.08 ^{bc}
		250	1.26±0.02 ^a	4.62±0.12 ^a
150	18	150	1.08±0.01 ^{c-e}	4.42±0.17 ^{ab}
		200	1.17±0.01 ^{a-c}	4.30±0.12 ^{bc}
		250	1.21±0.03 ^{ab}	4.11±0.22 ^{b-d}

Ma ve ark. (2019) beyaz ginseng kökü kullanarak 110 ve 140°C namlu çıkış sıcaklığı, %20 ve %30 besleme nem içeriği, 200 ve 300 rpm vida hızı koşullarında ürettikleri ekstrüzyon ürünlerinde en yüksek fenolik madde içeriğini; 140°C namlu çıkış sıcaklığı, %20 besleme nem içeriği ve 300 rpm vida hızında ürettikleri örnekte tespit etmişlerdir. Bisharat ve ark. (2015) çalışmalarında geliştirdikleri ekstrüzyon ürünlerinin antioksidan aktivite değerlerinin ekstrüzyon sıcaklığının artışı ile arttığını rapor etmişlerdir. White ve ark. (2010) yabanmersini posası kullanarak ürettikleri mısır bazlı ekstrüzyon ürünlerinde namlu sıcaklığındaki artış ile antioksidan aktivite değerinin

arttırdığını bildirmişlerdir.

Masatcioglu ve ark. (2013) araştırmalarında domates, yeşil çay ve ginseng ilave ederek mısır bazlı ekstrüdatlar üretmişlerdir. Araştırmacılar genellikle daha yüksek ekstrüzyon sıcaklığı uygulamalarının ekstrüzyon ürünlerinin besleyici bileşimi üzerinde bozucu bir etkisinin olması beklendiğini fakat çalışmalarının sonucunda ekstrüzyon sıcaklığı arttıkça antioksidan aktivitesinin arttığını bildirmişlerdir. Bu artışın sebebini yüksek ekstrüzyon sıcaklıklarında daha fazla Maillard reaksiyon ürünlerinin (MRPs) oluşumu ile açıklamışlardır.

4.8. Fitik Asit İçerikleri

Tam öğütölmüş kinoa ununun ortalama fitik asit içeriğı 1.08±0.014 g/100g olarak bulunmuştur. Literatür incelendiğinde Koziol (1992) beş farklı kinoa da ortalama fitik asit içeriğini 1.05-1.31 g/100g aralığında, Ruales (1993) ise tam öğütölmüş kinoa ununun fitik asit içeriğini 1 g/100g olarak tespit etmiştir. Bilgiçli ve İbanoğlu (2015) alışmalarında kinoa ununun fitik asit içeriğini 1.6 g/100g olarak rapor etmişlerdir.

Alonso ve ark. (1998), ekstrüzyon işleminin 3 farklı bezelye çeşidinde fitik asit miktarına etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar çalışmada 100 rpm vida hızında, %25 besleme nem içeriğinde ve 152-156°C namlu çıkış sıcaklığında ekstrüzyon ürünleri üretmişlerdir. Bezelye eşitlerinde fitik asit miktarını 1.19-1.33g /100 g kurumadde olarak, ekstrüzyon ürünlerinde ise; 1.12-1.21g /100 g kurumadde olarak tespit etmişlerdir. Çalışmada ekstrüzyon işleminin, ham materyale kıyasla fitik asit içeriğinde istatistiksel olarak önemli bir azalmaya neden olduğu rapor edilmiştir.

Alonso ve ark. (2000) bir başka çalışmada, ekstrüzyon işleminin bakla ve fasulyede bulunan polifenolik madde içeriğı ve antibesinsel bir madde olan fitik asit üzerine etkisini incelemişlerdir. Araştırma, ekstrüzyon sistem parametreleri olarak %25 besleme nem içeriğı, 100 rpm vida hızı ve 156°C namlu çıkış sıcaklığı koşullarında yürütölmüştür. Bakla ve fasulyede bulunan fitik asit içeriğı sırasıyla; 21.7 ve 15.9 g/kg kurumadde bulurken, ekstrüzyon işleminin sonrasındaki değerler sırasıyla; 15.9 ve 12.6 g/kg kurumadde olarak tespit edilmiştir. Araştırmacılar ekstrüzyon işleminin hammaddeye kıyasla fitik asit içeriğini önemli ölçüde azalttığını belirtmişlerdir.

Batista ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada, 2 farklı çeşit (BRS grafit-BRS pontal) fasulye örneğini un haline getirdikten sonra 150 rpm vida hızında, 150°C namlu çıkış

sıcaklığında ve %20 besleme neminde, tek vidalı ekstrüder kullanarak geliştirdikleri ekstrüzyon ürünlerinde ekstrüzyon işleminin fonksiyonel ve antibesinsel özellikleri üzerine etkisini incelemişlerdir. Her iki çeşit karşılaştırıldığında, BRS grafiti, BRS pontal'a göre daha yüksek fitik asit içerdiği bulunmuştur. Ekstrüzyon işleminin, fitik asit miktarında sırasıyla pontal %17 ve grafitte %26 oranında önemli bir azalmaya neden olduğu bildirilmiştir. Araştırmacılar bu anti-nutrientteki azalmayı, fitat molekülünün kısmi degradasyonu ile açıklamışlardır.

Gualberto (1997) ve ark. ekstrüzyonun yulaf, pirinç ve buğday kepeklerinde bulunan fitik asit üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmada ekstrüzyon işlemi, çift vidalı ekstrüder ile 225, 305 ve 450 rpm vida hızı, 162.7°C namli çıkış sıcaklığı ve %15 besleme nem oranı ekstrüzyon koşullarında gerçekleştirilmiştir. Ham materyal olarak kullanılan yulaf, pirinç ve buğday kepeğindeki % fitat içeriği sırasıyla; 1.42, 4.32 ve 5.27 olarak rapor edilmiştir. Farklı vida hızında gerçekleştirilen ekstrüzyon işleminden sonra ise % fitat içeriği yulaf kepeğinde 1.05-1.26, pirinç kepeğinde 4.45-4.53, buğday kepeğinde ise 4.59-5.26 değerleri arasında olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar ekstrüzyon işlemi sonrasındaki % fitat değerlerinin istatistiksel olarak önemli düzeyde değişmediğini bildirmişlerdir. Fitat içeriğindeki farklılığın ekstrüzyon işleminden ziyade öğütme, genotipik ve çevresel etkilere bağlı olduğunu rapor etmişlerdir.

Tez çalışması kapsamında üretilen ekstrüzyon ürünlerinin fitik asit içeriği, önceki çalışmalar da dikkate alınarak, sadece ekstrem ekstrüzyon koşullarında (110°C –150°C namli sıcaklığı) üretilen örneklerde gerçekleştirilmiştir. 110°C namli çıkış sıcaklığı, %16 besleme nemi içeriği ve 250 rpm vida hızı koşullarında üretilen ekstrüdatların ortalama fitik asit içeriği 0.97 ± 0.020 g/100 g olarak tespit edilirken; aynı besleme nem içeriği ve vida hızında 150°C namli çıkış sıcaklığında üretilen örneklerde ise bu değer 0.89 ± 0.033 g/100 g olarak saptanmıştır.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Tez çalışması kapsamında tam öğütülmüş kinoa unundan, farklı ekstrüzyon koşullarında ekstrüzyon ürünleri üretilmiştir. İşlenmemiş (ham) kinoa ununun kompozisyonu ve ekstrüzyon işlemi sonucunda elde edilen tam öğütülmüş kinoa unu ekstrüdatların fiziksel (genişleme indeksi, yığın yoğunluğu, renk değerleri), tekstürel (sertlik ve gevreklik), fonksiyonel (suda çözünürlük, su bağlama kapasitesi), besinsel ve antibesinsel (toplam fenolik madde, antioksidan aktivite ve fitik asit) özellikleri incelenmiştir. Çalışmada ayrıca, ekstrüzyon sistem parametrelerinden namlu çıkış sıcaklığı, besleme nem içeriği ve vida hızının tam öğütülmüş kinoa ekstrüdatlarının yukarıda anılan kalite özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Ekstrüzyon ürünlerinin genişleme indeksi değerleri, her bir namlu çıkış kalıbı sıcaklığı ve besleme nem içeriğinde, vida hızının artırılması ile istatistiksel olarak önemli düzeyde arttığı ($p<0.05$), aynı namlu çıkış sıcaklığı ve aynı vida hızı koşullarında besleme nem içeriğinin artırılması ile önemli düzeyde azaldığı tespit edilmiştir ($p<0.05$). Besleme nem içeriğinin ve vida hızının aynı olduğu ekstrüzyon koşullarında ise, namlu çıkış sıcaklığının artırılması ile genişleme indeksi değerleri istatistiksel olarak önemli oranda arttığı saptanmıştır ($p<0.05$). Tam öğütülmüş kinoa unundan elde edilen ekstrüde ürünlerin yığın yoğunluğu değerleri ise genişleme indeksi değerleri ile ters eğilim gösterdiği belirlenmiştir. Ekstrüdatların suda çözünürlük değerleri artan vida hızı ile istatistiksel olarak önemli düzeyde arttığı, artan besleme nem içeriği ile ise istatistiksel olarak önemli oranda azaldığı tespit edilmiştir ($p<0.05$). Namlu çıkış sıcaklığının artırılması ile suda çözünürlük değerlerinin genel olarak arttığı belirlenmiştir. Ekstrüde ürünlerin su bağlama kapasiteleri artan vida hızı ile istatistiksel olarak önemli düzeyde artış tespit edilmiştir ($p<0.05$). Namlu çıkış sıcaklığının artırılması ile su bağlama kapasitesi genel olarak artma eğilimi göstermiştir. Düşük namlu çıkış sıcaklığı ve düşük vida hızı koşullarında üretilen kinoa ekstrüzyon ürünlerinin su bağlama kapasitesi değerleri besleme nem içeriği arttırıldıkça önemli düzeyde azalmıştır ($p<0.05$). Ekstrüzyon parametrelerinden namlu çıkış sıcaklığının ve besleme nem içeriğinin sabit tutulup, vida hızının artırılması ile tekstür özelliklerinden sertlik değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Namlu çıkış sıcaklığının arttırılıp diğer sistem parametrelerinin sabit tutulduğu ekstrüzyon üretim koşullarında ise, ekstrüde ürünlerin sertlik değerleri azalmıştır. Ekstrüde ürünlerin üretim

koşullarından namlu çıkış sıcaklığı ve besleme nem içeriğinin sabit tutulup vida hızının artırılması ile örneklerin gevreklik değerleri artmıştır. Aynı besleme nem içeriği ve vida hızında namlu çıkış sıcaklığı arttırıldıkça tam öğütölmüş kinoa unundan üretilen örneklerin gevreklik değeri artmıştır. Ekstrüzyon ürünlerinin renk değeri L^* değeri 78-81, a^* değeri (-)0.76-1.04 ve b^* değeri ise 18-22 aralığında tespit edilmiştir. Farklı ekstrüzyon koşullarında üretilen ekstrüdatların hem toplam fenolik madde hem de antioksidan aktivite değeri en yüksek 150°C namlu çıkış sıcaklığında üretilen örneklerde ulaşılmıştır. Ekstrüzyon namlu çıkış sıcaklığının artırılması toplam fenolik madde ve antioksidan aktivitesinin de artışına sebep olmuştur. Bu durum yüksek ekstrüzyon sıcaklıklarında daha fazla Maillard reaksiyon ürünlerinin oluşması ile ilişkilendirilebilir. Tam kinoa unundan üretilen ekstrüzyon ürünlerinin fitik asit içeriği, besleme nem içeriği (%16) ve vida hızı (250 rpm) koşulları sabit tutularak sadece düşük ve yüksek namlu çıkış sıcaklıklarında (110°C –150°C) üretilen örneklerde yapılmıştır. 110°C namlu çıkış sıcaklığında üretilen ekstrüzyon ürünlerinin fitik asit içeriğinde kinoa ununa göre %10.18’lik bir azalma tespit edilirken, bu azalış 150°C namlu çıkış sıcaklığında üretilen örneklerde %17.59 olarak saptanmıştır. Bir diğer ifadeyle, kinoanın fitik asit düzeyi ekstrüzyon işlemi ile dikkate değeri ölçüde azaltılmıştır.

Sonuç olarak, bu tez çalışmasında hem yüksek besleyici değere sahip hem de glutensiz olan kinoadan farklı yaş gruplarının tüketebileceği alternatif bir ürün geliştirilmiştir. Fiziksel kalite özellikleri (genişleme indeksi, yığın yoğunluğu, sertlik, gevreklik) bakımından değerlendirildiğinde en iyi ürüne %16 besleme nem içeriği, 250 rpm vida hızı ve 150°C namlu çıkış sıcaklığında üretilen ekstrüzyon ürünlerinde ulaşılmıştır. Tez çalışması kapsamında tam öğütölmüş kinoa unu kullanılarak geliştirilen ekstrüzyon ürünleri fiziksel kalite özellikleri bakımından literatür ile kıyaslandığında bir ilk olma niteliği taşımaktadır. Buna ek olarak, en iyi fiziksel özelliklerin tespit edildiği ekstrüzyon koşullarında geliştirilen ürünlerin yüksek toplam fenolik madde ve antioksidan içeriğine sahip olması ve ayrıca, fitik asit içeriğinin anılan koşullarda dikkate değeri ölçüde azaltılması tez çalışmasının önemli bir diğer çıktısını oluşturmaktadır.

KAYNAKLAR

- AACCI, 1990. Approved methods of the AACC, 8th Edition American Association of Cereal Chemists, **The Association**, St. Paul. MN, USA.
- Alonso, R., Orue, E., Marzo, F., 1998. Effects of extrusion and conventional processing methods on protein and antinutritional factor contents in pea seeds. **Food Chemistry**, Vol. 63, No. 4, pp. 505-512.
- Alonso, R., Aguirre, A., Marzo F., 2000. Effects of extrusion and traditional processing methods on antinutrients and in vitro digestibility of protein and starch in faba and kidney beans. **Food Chemistry**, 68 (2000), pp. 159-165.
- Alvarez-Jubete, L., Arendt, E. K., Gallagher, E., 2009. Nutritive value and chemical composition of pseudocereals as gluten-free ingredients. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, 60(4), 240-257.
- Anese M, Manzocco L, Nicoli M.C, Lerici C.R., 1999. Antioxidant properties of tomato juice as affected by heating. **J Sci Food Agric** 79(5):750–4.
- Anonim, 2019 T.C. Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü. <https://hsgm.saglik.gov.tr/tr/metabolizma-ve-colyak/colyak-ve-gorulme-sikligi.html> Erişim tarihi: 20.08.2019
- Asare, E.K., Sefa-Dedeh, S., Sakyi-Dawson, E., Afoakwa, E.O., Application of response surface methodology for studying the product characteristics of extruded rice-cowpea-groundnut blends, **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, 55(5), 431-439, 2004.
- Atef, A., Abou-Zaid, El Faham, S.Y., Wafaa, Emam, H., 2014. Use of quinoa meal to produce bakery products to celiac and autism stuffs, **International Journal of Science and Research**, 3(9), 1344–1354.
- Baik, B.K., Powers, J., Nguyen, L.T., Extrusion of Regular and Waxy Barley Flours for Production of Expanded Cereals, **Cereal Chemistry**, 81(1), 94-99, 2004.
- Batista, K.A, Prudêncio, S.H., Fernandes., K.F., 2010. Changes in the functional properties and antinutritional factors of extruded hard-to-cook common beans (*Phaseolus vulgaris*, L.). **J Food Sci** 75, C286–C290.
- Bhaduri, S., A., 2013. Comprehensive study on physical properties of two gluten-free flour fortified muffins, **Food Process Technology**, 4(7), 1–4.
- Bilgiçli, N., İbanoğlu, Ş., 2015. Effect of pseudo cereal flours on some physical, chemical and sensory properties of bread. **J. Food Sci. Technol.** 1-5.
- Bisharat, G. I. Lazou, A. E. Panagiotou, N. M. Krokida, M. K. Maroulis, Z. B. 2015. Antioxidant potential and quality characteristics of vegetable-enriched corn-based extruded snacks. **J Food Sci Technol** 52(7):3986–4000.
- Brito, I. L., Souza, E. L., Felex, S. S. S., Madruga, M. S., Yamashita, F., Magnani, M., 2015. Nutritional and sensory characteristics of gluten-free quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) based cookies development using an experimental mixture design, **Journal of Food Science Technology**, 52(9), 5866– 5873.
- Byars, J.A., Singh, M., 2015. Properties of extruded chia-corn meal puffs. **LWT- Food Science and Technology**, 62:506-510.
- Chłopicka J., Pasko P., Gorinstein S., Jedryas A., Zagrodzki P., 2012. Total phenolic and total flavonoid content, antioxidant activity and sensory evaluation of pseudocereal breads. **Food Science and Technology**, 246:548-555.
- Cueto, M., Porras-Saavedra, J., Farroni, A., Alamilla-Beltrán, L., Schöenlechner, R., Schleining, G., Buera, P., 2015. Physical and mechanical properties of maize extrudates as affected by the addition of chia and quinoa seeds and antioxidants.

- Journal of Food Engineering**, 167 (2015) 139-146
- Diaz, J. M. R., Kirjoranta, S., Tenitz, S., Penttila, P. A., Serimaa, R., Lampi, A.M., 2013. Use of amaranth, quinoa and kañiwa in extruded corn-based snacks. **Journal of Cereal Science** 58, 59-67.
- Diaz, J. M. R., Suuronen, J. P., Deegan, K. C., Serimaa, R., Tuorila, H., Jouppila, K., 2015. Physical and sensory characteristics of corn-based extruded snacks containing amaranth, quinoa and kañiwa flour. **Food Science and Technology**, Volume 64, Issue 2, Pages 1047-1056.
- Ding, Q.B., Ainsworth, P., Plunkett, A., Tucker, G., Marson, H., 2006. The effect of extrusion conditions on the functional and physical properties of wheat-based expanded snacks. **Journal of Food Engineering**, 73, 142–148.
- Dini, I., Tenore, G.C., Dini, A., 2010. Antioxidant compound contents and antioxidant activity before and after cooking in sweet and bitter *Chenopodium quinoa* seeds. **LWT- Food Science and Technology**, 43:447-451.
- Doğan H., Karwe M.V 2003. Physicochemical Properties of Quinoa Extrudates. **Food Science and Technology International**, 9(2):101-114.
- Farinazzi-Machado, F.M.V., Barbalho, S.M., Oshiiwa, M., Goulart, R., Pessan Junior, O., 2012. Use of cereal bars with quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) to reduce risk factors related to cardiovascular diseases. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, 32(2): 239-244, abr.-jun. 2012240.
- Gearhart, Caitlin M. Rosentrater, Kurt A., 2014. Extrusion processing of amaranth and quinoa. **Agricultural and Biosystems Engineering Conference Proceedings and Presentations**. 388.
- Gualberto, DG., Bergman, CJ., Kazemzadeh, M., Weber CW., 1997. Effect of extrusion processing on the soluble and insoluble fiber and phytic acid contents of cereal bran. **Plant Foods Hum Nutr** 51:187–198.
- Hagenimana, A., Ding, X., Fang, T., Evaluation of rice flour modified by extrusion cooking, **Journal of Cereal Science**, 43, 38-46, 2006.
- Haug, W. Lantzsch, H.J. 1983. Sensitive method for the rapid determination of phytic acid in cereals and cereals products. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 34, 1423-1426.
- Hwang, M.P., Hayakawa, K.I., 1980. Bulk densities of cookie undergoing commercial baking processes. **Journal of Food Science**, 45(5), 1400-1407.
- Janssen, F., Pauly, A., Rombouts, I., Jansens, K. J. A., Deleu, L. J., Delcour, J. A., 2017. Proteins of amaranth (*amaranthus* spp.), buckwheat (*fagopyrum* spp.), and quinoa (*chenopodium* spp.): A food science and technology perspective. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, 16(1), 39–58.
- Kaur S, Sharma S., Singh B., Dar B., 2015. Effect of extrusion variables (temperature, moisture) on the antinutrient components of cereal brans. **Journal of Food Science and Technology** 52(3): 1670–6.
- Koziol, M.J., 1992. Chemical composition and nutrition aevaluation of quinoa (*Chenopodiumquinoa*Willd.). **Journal of Food Composition Analysis**, 5: 35–68.
- Kumar, T. V. A., Samuel, D. V. K., Jha, S. K., and Sinha, J. P., 2015. Twin screw extrusion of sorghum and soya blends: a response surface analysis. **J. Agr. Sci. Technol.**, 17, 649–662.
- Kumar, A., Aradwad, P., Jha, S.K., Sahoo, P.K., 2018. Effect of extrusion technique on antinutritional factors of sorghum-soya blends. **Indian Journal of Agricultural**

Sciences 88 (3): 420–8.

- Kowalski, R.J., Medina-Meza, I.G., Thapa, B.B., Murphy, K.M., Ganjyala, G.M., 2016. Extrusion processing characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) var. Cherry Vanilla. **Journal of Cereal Science**, 70: 91-98.
- Lv, Y., Glahn, R.P. Hebb, R.L., Rizvi, S.S.H., 2018. Physico-chemical properties, phytochemicals and DPPH radical scavenging activity of supercritical fluid extruded lentils. **LWT- Food Science and Technology** 89, 315–321.
- Ma, X., Jin, Z., Jinc T., 2019. Effects of extrusion conditions on chemical properties of extruded white ginseng root hair. **J Sci Food Agric** 2019; 99: 3186–3191.
- Masatcioglu, M.T., Yalcin, E., Kim, M., Ryu, G-H., Celik, S., Koksel, H., 2013. Physical and chemical properties of tomato, green tea and ginseng supplemented corn extrudates produced by conventional extrusion and CO₂ injection process. **European Food Research and Technology**, 237:801–809.
- Meng, X., Threinen, D., Hansen, M., Driedger, D., 2010. Effects of extrusion conditions on system parameters and physical properties of a chickpea flour-based snack. **Food Research International**, 43, 650-658.
- Miranda, M., Vega-Gálvez, A., Quispe-Fuentes, I., Rodríguez, M.J., Maureira, H., Martínez, E.A., 2012. Nutritional aspects of six quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) ecotypes from three geographical areas of Chile. **Chilean Journal of Agricultural Research**, 72(2), 175-181.
- Nickel, J., Spanier, L.P., Botelho, F.T., Gularte, M.A., Helbig, E., 2016. Effect of different types of processing on the total phenolic compound content, antioxidant capacity, and saponin content of *Chenopodium quinoa* Willd grains, **Food Chemistry**.
- Pellegrini, M., Lucas-Gonzales, R., Ricci, A., Fontecha, J., Fernandez-Lopez, J., Perez Alvarez, J.A., Viuda-Martos, M., 2018. Chemical, fatty acid, polyphenolic profile, techno-functional and antioxidant properties of flours obtained from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seeds. **Industrial Crops and Products**, 111(October), 38–46.
- Pereira, E., Encina-Zelada, C., Barros, L., Gonzales-Barron, U., Cadavez, V., C.F.R., Ferreira, I., 2019. Chemical and nutritional characterization of *Chenopodium quinoa* Willd (quinoa) grains: A good alternative to nutritious food. **Food Chemistry** 280 (2019) 110–114.
- Rathod, R.P., Annapure U.S., 2017. Physicochemical properties, protein and starch digestibility of lentil based noodle prepared by using extrusion processing. **LWT-Food Science and Technology**, 80 (2017), pp. 121-130.
- Repo-Carrasco-Valencia, R. and Sern, L.A., 2011. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as a source of dietary fiber and other functional components. **Cienc. Tecnol. Aliment**, 31(1), 225-230.
- Robin, F., Théoduloz, C., Srichuwong, S., 2015. Properties of extruded whole grain cereals and pseudocereals flours. **Int. J. Food Sci. Technol.**, 50, 2152–2159.
- Ruales, J., Nair, B., 1993. Saponins, phytic acid, tannins and protease inhibitors in quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) seeds. **Food Chemistry**, 48 (1993) 137-143.
- Samray, M.N., Masatcioglu, T. M., Koksel, H. 2018. Bread Crumbs Extrudates: A New Approach for Reducing Bread Waste. **Journal of Cereal Science**, 85 (2019) 130–136.
- Sebio, L., Chang, Y.K., Effects of selected process parameters in extrusion of yam flour (*Dioscorea rotundata*) on physicochemical properties of the extrudates,

- Nahrung**, 44(2), 96-101, 2000.
- Seth, D., Badwaik, L.S., Ganapathy, V., Effect of feed composition, moisture content and extrusion temperature on extrudate characteristics of yam-corn-rice based snack food, **Journal of Food Science and Technology**, 52(3), 1830-1838, 2015.
- Singh, J., Singh, N., 2003. Studies on the morphological and rheological properties of granular cold water soluble corn and potato starches, **Food Hydrocolloids**, 17, 63–72.
- Singh, B., Sekhon, K.S., Singh, N., 2007. Effects of moisture, temperature and level of pea grits on extrusion behaviour and product characteristics of rice, **Food Chemistry**, 100, 198-202.
- Singkhornart, S., Edou-ondo, S., Ryu, G., 2014. Influence of germination and extrusion with CO₂ injection on physicochemical properties of wheat extrudates. **Food Chem.**, 143 (2014), pp. 122-131.
- Taverna, L. G., Leonel, M., & Mischon, M., 2012. Changes in physical properties of extruded sour cassava starch and quinoa flour blend snacks. **Ciência e Tecnologia de Alimentos Campinas**, 32, 826–834.
- Wang, S., Opasathavorn, A., Zhu, F., 2015. Influence of Quinoa Flour on Quality Characteristics of Cookie, Bread and Chinese Steamed Bread, **Journal of Texture Studies**, 46(4): 281-292.
- White, B. L., Howard, L. R., Prior, R.L., (2010). Polyphenolic composition and antioxidant capacity of extruded cranberry pomace. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 58(7), 4037-4042.

ÖZGEÇMİŞ

Araştırmacı, 1992 yılında Antakya / HATAY’da doğdu. İlkokul, Ortaokul ve Lise öğrenimini Antakya’da tamamladı. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümünden 2015 yılında mezun oldu. Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında 2016 yılında Yüksek Lisansa başlamıştır.

