



Fonksiyonel Ürün Tasarımı: Gıda yapısı, gıda işleme ve biyoerişebilirlik arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi

Program Kodu: 1001

Proje No: 213O208

Proje Yürütücüsü: Doç. Dr. İlkay Şensoy

Araştırmacı: Prof. Dr. Sibel Karakaya

EKİM 2016

ANKARA

ÖNSÖZ

Ekte sunulan rapor, 213 O 208 numaralı TÜBİTAK-COST projesi “Fonksiyonel Ürün Tasarımı: Gıda yapısı, gıda işleme ve biyoerişebilirlik arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi” adındaki çalışmanın sonuçlarını içermektedir. Günümüzde, gıda sağlık ilişkisinin öneminin anlaşılmasından sonra gıdaların fonksiyonel özelliklerinin artırılması için çalışmalar yapılmaktadır. Çeşitli yöntemlerle ürünlerinin içerikleri zenginleştirilmektedir. Ürünlere fonksiyonel içeriği yüksek yan ürünlerin eklenmesi bunlardan birisidir. Bununla birlikte ürünlerin içerdikleri fonksiyonel bileşiklerin miktarından çok vücutta emiliminin değerlendirilmesi de gerekmektedir. Bu projede, fonksiyonel bileşen miktarı yüksek olan yan ürünlerin ekstrüde ürüne eklenmesinin ürün kalite özelliklerine etkileri ve ekstrüzyon işleminin *in vitro* biyoerişebilirliğe etkileri incelenmiştir. Projede *in vitro* model olarak projemizin dahil olduğu FA1005 aksiyon numaralı COST projesi tarafından standardize edilmiş *in vitro* modeli kullanılmıştır.

Projede görev alan Birgül Hızlar, Bade Tonyalı, Çağla Çaltinoğlu, Elçin Bilgin ve Özge Güven sunulan deneysel çalışmalarda yoğun emek harcamışlardır. Genç araştırmacılarımıza çalışmalarından dolayı teşekkür ederiz. Proje ekibi olarak TÜBİTAK TOVAG grubuna, bu araştırmaya yapmış olduğu destekten dolayı teşekkür ederiz.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	2
İÇİNDEKİLER.....	3
Tablo Listesi.....	5
Şekil Listesi	6
ÖZET	7
ABSTRACT	8
1. GİRİŞ	9
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	10
2.1 Fonksiyonel Gıdalar	10
2.2. Ekstrüzyon	10
2.3 Fenolik Maddeler ve Antioksidanlar	12
2.4 Soğan	13
2.5 Enginar	14
2.6 Biyoerişilebilirlik ve Biyoyararlılık	16
3. GEREÇ ve YÖNTEM	17
3.1 Malzemeler	17
3.2 Ekstrüzyon İşlemi.....	17
3.3 Renk Ölçümü.....	18
3.4 Yığın Yoğunluğu	19
3.5 Parçacık Yoğunluğu	19
3.6 Genleşme Oranları (SEI, VEI, LEI) ve Gözeneklilik	19
3.7 Su Emme ve Suda Çözünebilirlik İndisleri (WAI, WSI)	20
3.8 Tekstür Analizi.....	20
3.9 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)	21
3.10 Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC) ile Jelatinizasyon	21
3.11 Duyusal Analiz.....	21
3.12 Ekstraksiyon	22
3.13 Toplam Fenolik Analizi.....	22
3.14 DPPH Yöntemi ile Antioksidan Aktivitesi Tayini.....	22
3.15 Nişasta Sindirilebilirliği	22
3.16 Kuarsetin ve Sinarin Analizi.....	23
3.17 <i>In vitro</i> Sindirim Analizi.....	24
3.18 <i>In vitro</i> Sindirim Analizi Sonrası Kuarsetin ve Sinarin Analizi	25
3.19 İstatistiksel Analizler	26
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	27
4.1 Renk Analizi.....	27
4.2 Genleşme Özellikleri	28
4.3 Su Emme ve Suda Çözünebilirlik İndisleri (WAI, WSI)	31

4.4	Tekstür Analizi.....	34
4.5	Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Görüntüleri	36
4.6	Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC) ile Jelatinizasyon	38
4.7	Duyusal Analiz.....	48
4.8	Toplam Fenolik Madde Analizi	50
4.9	DPPH Yöntemi ile Antioksidan Aktivitesi Tayini.....	52
4.10	<i>In vitro</i> sindirim modeli ile glikoz fraksiyonu analizi.....	55
4.11	<i>In Vitro</i> Sindirim Öncesi ve Sonrası Ürünlerde Kuersetin Analizi.....	60
4.12	<i>In Vitro</i> Sindirim Öncesi ve Sonrası Ürünlerde Sinarin Analizi.....	61
5.	SONUÇLAR	63
6.	KAYNAKÇA.....	64

Tablo Listesi

Tablo 1: Sindirim sıvılarında kullanılan bileşiklerin gösterimi	24
Tablo 2: Değişik oranlarda soğan kabuğu tozu eklenmiş ürünlerin renk özellikleri	27
Tablo 3: Değişik oranlarda enginar yaprağı tozu eklenmiş ürünlerin renk özellikleri	28
Tablo 4: Değişik oranlarda soğan kabuğu tozu eklenmiş ürünlerin fiziksel özellikleri.....	29
Tablo 5: Değişik oranlarda enginar yaprağı tozu eklenmiş ürünlerin fiziksel özellikleri	31
Tablo 6: Değişik oranlarda soğan kabuğu tozu eklenmiş ürünlerin su emme özellikleri.....	32
Tablo 7: Değişik oranlarda enginar yaprağı tozu eklenmiş ürünlerin su emme özellikleri.....	33
Tablo 8: Değişik oranlarda soğan kabuğu tozu eklenmiş ürünlerin tekstür özellikleri.....	35
Tablo 9: Değişik oranlarda enginar yaprağı tozu eklenmiş ürünlerin tekstür özellikleri	35
Tablo 10: Değişik oranlarda soğan kabuğu tozu eklenmiş ürünlerin duyu analizi sonuçları	49
Tablo 11: Değişik oranlarda enginar yaprağı tozu eklenmiş ürünlerin duyu analizi sonuçları	50
Tablo 12: Farklı oranlarda soğan kabuğu tozu eklenmiş ve kontrol örneklerinin toplam fenolik madde miktarı	51
Tablo 13: Farklı oranlarda enginar yaprağı tozu eklenmiş ve kontrol örneklerinin toplam fenolik madde miktarı	52
Tablo 14: Farklı oranlarda soğan kabuğu tozu eklenmiş ve kontrol örneklerinin antioksidan aktiviteleri	54
Tablo 15: Farklı oranlarda enginar yaprağı tozu eklenmiş ve kontrol örneklerinin antioksidan aktiviteleri	55
Tablo 16 a: Kontrol, %3 oranında, %6 oranında ve %9 oranında soğan kabuğu tozu eklenmiş ürünlerin 20., 120. Dakikada açığa çıkan şeker ve toplam şeker miktarı.....	57
Tablo 16 b: Değişik oranlarda soğan kabuğu tozu eklenmiş ürünlerin çabuk açığa çıkan glikoz (RAG), yavaş açığa çıkan glikoz (SAG) ve ulaşılabilen glikoz (UG) değerleri.....	57
Tablo 17: Değişik oranlarda soğan kabuğu tozu eklenmiş ürünlerin 20. Dakikada (G20), 120. dakikada açığa çıkan şeker miktarı (G120) ve Toplam şeker miktarı (TG)	57
Tablo 18: Kontrol, %3 oranında, %6 oranında ve %9 oranında enginar yaprağı tozu eklenmiş ürünlerin 20., 120. Dakikada açığa çıkan şeker ve toplam şeker miktarı	59
Tablo 19 a: Değişik oranlarda enginar yaprağı tozu eklenmiş ürünlerin 20. Dakikada (G20), 120. dakikada açığa çıkan şeker miktarı (G120) ve Toplam şeker miktarı (TG)	59
Tablo 19 b: Değişik oranlarda enginar yaprağı tozu eklenmiş ürünlerin çabuk açığa çıkan glikoz (RAG), yavaş açığa çıkan glikoz (SAG) ve ulaşılabilen glikoz (UG) değerleri.....	59
Tablo 20: <i>In vitro</i> sindirim işlemi öncesi ve sonrasındaki ekstrüde ürün ve işlenmemiş örneklerin kuersetin içeriği.....	61
Tablo 21: <i>In vitro</i> sindirim işlemi öncesi ve sonrasındaki ekstrüde ürün ve işlenmemiş örneklerin sinarin içeriği.....	62

Şekil Listesi

Şekil 1: Taramalı electron mikroskobu kullanılarak elde edilmiş ekstrüde ürün imajları (50X büyütme) A. Kontrol ürünü (Soğan kabuğu tozu eklenmemiş) B. %3 oranında soğan kabuğu tozu eklenerek elde edilmiş ekstrüde ürün C. %6 oranında soğan kabuğu tozu eklenerek elde edilmiş ekstrüde ürün D. %9 oranında soğan kabuğu tozu eklenerek elde edilmiş ekstrüde ürün.	37
Şekil 2: Taramalı electron mikroskobu kullanılarak elde edilmiş ekstrüde ürün imajları (50X büyütme) A. Kontrol ürünü (Enginar yaprağı tozu eklenmemiş) B. %3 oranında enginar yaprağı tozu eklenerek elde edilmiş ekstrüde ürün C. %6 oranında enginar yaprağı tozu eklenerek elde edilmiş ekstrüde ürün D. %9 oranında enginar yaprağı tozu eklenerek elde edilmiş ekstrüde ürün	38
Şekil 3: Soğan kabuğu tozu eklenmeden hazırlanmış buğday ununun DSC grafiği.....	40
Şekil 4: %3 oranında soğan kabuğu tozu eklenerek hazırlanmış buğday unu karışımı.....	40
Şekil 5: %6 oranında soğan kabuğu tozu eklenerek hazırlanmış buğday unu karışımı.....	41
Şekil 6: %9 oranında soğan kabuğu tozu eklenerek hazırlanmış buğday unu karışımı.....	41
Şekil 7: Soğan kabuğu tozu eklenmeden elde edilmiş buğday ekstrüdesinin DSC grafiği	42
Şekil 8: %3 oranında soğan kabuğu tozu eklenerek hazırlanmış buğday unu karışımı.....	42
Şekil 9: %6 oranında soğan kabuğu tozu eklenerek hazırlanmış buğday unu karışımı.....	43
Şekil 10: %9 oranında soğan kabuğu tozu eklenerek hazırlanmış buğday unu karışımı.....	43
Şekil 11: Enginar yaprağı tozu eklenmeden hazırlanmış buğday ununun DSC grafiği.....	45
Şekil 12: %3 oranında enginar yaprağı tozu eklenerek hazırlanmış buğday unu karışımı.....	45
Şekil 13: %6 oranında enginar yaprağı tozu eklenerek hazırlanmış buğday unu karışımı.....	46
Şekil 14: %9 oranında enginar yaprağı tozu eklenerek hazırlanmış buğday unu karışımı.....	46
Şekil 15: Enginar yaprağı tozu eklenmeden elde edilmiş buğday ekstrüdesinin DSC grafiği	47
Şekil 16: %3 oranında enginar yaprağı tozu eklenerek elde edilmiş buğday ekstrüdesinin DSC grafiği.....	47
Şekil 17: %6 oranında enginar yaprağı tozu eklenerek elde edilmiş buğday ekstrüdesinin DSC grafiği.....	48
Şekil 18: %9 oranında enginar yaprağı tozu eklenerek elde edilmiş buğday ekstrüdesinin DSC grafiği.....	48

ÖZET

Günümüzde gıda ve sağlık arasındaki ilişkinin önemini bilinmektedir. Bu nedenle bu çalışma fonksiyonel bileşen içeren ürün tasarlamayı amaçlamıştır. Bu amaçla fonksiyonel bileşen miktarı yüksek olan gıda işleme yan ürünlerinin çok tüketilen gıdalara eklenmesi ve sindirim sırasında doğal matrislerinden çıkamayan aktif bileşenlerin gıda işleme ile sindirim sisteminde daha ulaşılabilir hale getirilmesi planlanmıştır. Bu amaçla yeni ürünün hem fonksiyonel bileşen miktarı hem de biyoerişilebilirliği incelenmiştir. Bunlara ek olarak yan ürün eklemenin üründeki nişasta sindirilebilirliğini ve ürün kalitesini nasıl etkilediği araştırılmıştır. Projede, örneklerin yerine göre fiziksel özellikleri, fonksiyonel özellikleri ve biyoerişilebilirlikleri incelenmiştir. Fiziksel özellikler, renk, su tutma ve emme kapasitesi, genişleme özellikleri, jelatinizasyon, tekstür gibi analizlerle araştırılmıştır. Fonksiyonel özelliklerde ise antioksidan aktivitesi ve toplam fenol analizi çalışılmıştır. Biyoerişilebilirlik için, soğan kabuğu tozu ile çalışılan örneklerde kuarsetin incelenmiş, enginar yaprağı tozu çalışılan örneklerde ise sinarin incelenmiştir. Bu fenolik maddelerin *in vitro* sindirim öncesi ve sonrası ürünlerdeki durumu araştırılmıştır. Ayrıca, ürünlerin glisemik indisi bakılmıştır. Tüm bu analizler, farklı miktarlarda (% 3, % 6 ve % 9) eklenen soğan kabuğu tozu ve enginar yaprağı tozu için tekrarlanmıştır. Sonuçlar göstermektedir ki soğan kabuğu ve enginar yaprağı tozu ürünün fonksiyonel bileşik miktarını arttırmak için kullanılabilir. Ekstrüzyon işlemi kuarsetin ve sinarin için *in vitro* biyoerişilebilirliği arttırıcı etki göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Ekstrüzyon, soğan kabuğu, enginar yaprağı, biyoyararlılık

ABSTRACT

Today, the importance of the relationship between food and health is known. Therefore, the aim of this study was to design a product with functional ingredients. It was aimed to enhance the bioaccessibility of functional components with extrusion process from the added onion skin powder or artichoke leaf powder. The effects of extrusion were analyzed in terms of physical properties, functional properties and bioaccessibility. Physical properties included color, water absorption index, water solubility index, expansion, gelatinization and texture while functional properties of samples were studied for their total phenolic content and antioxidant activity. For bioaccessibility, samples with the addition of onion skin powder were analyzed for quercetin while samples with the addition of artichoke leaf powder were analyzed for cynarine. These phenolic compounds were studied both before *in vitro* digestion and after digestion. Moreover, the samples were analyzed for the glycemic index. All these analyzes were applied to the samples which contain onion skin powder or artichoke leaf powder at different ratios (3%, 6% and 9%) . Results indicate that onion powder and artichoke leaf powder can be added to increase functional components in the products. Extrusion process enhanced the *in vitro* bioaccessibility of quercetin and sinarin.

Keywords: Extrusion, onion skin, artichoke leaf, bioaccessibility, microfluidization

1. GİRİŞ

Beslenme ve sağlık arasındaki ilişkinin önemli olduğu bilinmektedir. Dengeli beslenmenin sağlıklı yaşam ve sağlıklı yaşlanmaya katkısı büyüktür. Üretilen gıdalar eskisine oranla çok daha güvenli ve sağlıklı olmalarına rağmen fazla gıda tüketimi ve fiziksel aktivitedeki düşüş, yaşam tarzı ile ilgili obezite, kardiyovasküler hastalıklar, tip iki diyabet ve bazı kanser türleri gibi hastalıkların artmasına sebep olmaktadır. Dünya sağlık örgütü raporuna (WHO TRS 916) göre beslenme ile ilgili hastalıkları önleyebilmek için geliştirilen stratejiler ve politikalar beslenme ve fiziksel aktivitenin önemini dikkate almalıdır. Bazı önlemler alınmazsa bu tip hastalıkların çok hızlı bir şekilde artacağı öngörülmektedir. Gıda ile ilişkili hastalıkları önleyebilmek için yeni nesil gıdaların üretimi büyük önem taşımaktadır. Gıdaların fonksiyonel özelliklerinin fonksiyonel içerikleri yüksek ürünler ile zenginleştirilmesi son yılların sağlık gıda ilişkili çalışmalarının önemli bir kısmını oluşturmaktadır.

Tüketiciler artık sadece yeterli besleyici değeri olan gıdaları değil sağlığı koruyucu veya hastalıkları önleyici etkileri olan gıda ürünlerini tüketmek istemektedirler. Gıda ürünleri, her zaman, destek tabletlerine hem uygun fiyatları hem de duyuşsal özellikleri nedenleri ile tercih edilmektedir. Bu proje, çok tüketilen çerez tipi ürünlerde fonksiyonel bileşen içeren ürün tasarlamayı amaçlamıştır. Bu amaçla fonksiyonel bileşen miktarı yüksek olan yan ürünlerinin çok tüketilen gıdalara eklenmesi ve sindirim sırasında doğal matrislerinden çıkamayan aktif bileşenlerin gıda işleme ile sindirim sisteminde daha ulaşılabilir hale getirilmesi planlanmıştır. Böylece yeni ürünün hem fonksiyonel bileşen miktarı hem de biyoyararlılığının artırılması amaçlanmıştır. Bunlara ek olarak yan ürün eklemenin üründeki nişasta sindirilebilirliğini nasıl etkilediği araştırılmıştır. Farklı yan ürün içeren ürünlerde biyoyararlılığın ölçülmesi ile biyoyararlılık ile gıda matrisi arasındaki ilişki incelenmiştir.

Bu çalışmada özetle, buğday ununa farklı oranlarda soğan kabuğu tozu veya enginar yaprağı tozu eklenerek hazırlanan karışıma ekstrüzyonun etkisini incelenmiş ve elde edilen ekstrüde ürünlerin kalite ve fonksiyonel özelliklerini araştırılmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1 Fonksiyonel Gıdalar

Bir konsept olarak “fonksiyonel gıda” kavramı, beslenme, gıdanın duyuşal özellikleri, gıda zenginleştirmesi ile fizyolojik sistemler arasındaki ilişkinin incelendiği çalışmaların bir sonucu olarak ilk olarak 1984 yılında Japon bilim insanları tarafından ortaya atılmıştır (Siró, vd., 2008). Japonya’dan sonra, toplum sağlığı ve pazar algıları gözetilerek, Amerika Birleşik Devletleri ile Avrupa’da ilgi çekmeye başlamıştır (Eussen vd., 2011; Siró vd., 2008). Fonksiyonel gıda, besleyici olma özelliğinin yanı sıra sağlık açısından fayda sağlayan veya bir hastalığın oluşma riskini azaltan gıda ürünü olarak tanımlanmaktadır (Younesi & Ayseli, 2015). Takviye edilmiş tahıllar ve probiyotik yoğurtlar gibi geleneksel görünümlü yiyecekler günlük diyetin bir parçası olarak tüketilen fonksiyonel gıda ürünleridir (Eussen vd., 2011). Gıda ürünleri ve bileşenlerinin tıbbi faydaları konusunda gelişen algı, fonksiyonel gıdaların popülaritesini artırmakta ve sürekli olarak yeni ürünlerin piyasaya sürülmesine neden olmaktadır (Bigliardi & Galati, 2013). Yeni fonksiyonel gıda ürünlerinin geliştirilip üretilmesinde akademi ve endüstriden bilim insanlarının güçlü bir işbirliği içinde çalışması gerekmektedir (Roberfroid, 1999). Bir fonksiyonel gıda ürününün başarılı olması disiplinlerarası çalışmaların ve tüketici analizlerinin iyi bir şekilde yapılması ile mümkün olur (Falguera, Aliguer, & Falguera, 2012).

Bitkisel türlerin içerikleri, biyolojik aktivite ve aktif bileşenler bakımından önemli bir yere sahiptir ve fonksiyonel bileşen olarak iyi birer kaynaktırlar. (Betoret vd., 2012; Vieira da silva, Barreira, & Oliveira, 2016). Bu nedenle meyve ve sebzelerden kaynaklı ürünlerin geliştirilmesi fonksiyonel gıda üretim çalışmaları kapsamında ortaya çıkan etkinliklerdir (Betoret vd., 2012).

2.2. Ekstrüzyon

Kahvaltılık gevrekler, atıştırmalıklar, makarna, bebek maması ve modifiye nişasta gibi birçok alanda ürün üretilmesine olanak sağladığı için ekstrüzyon yöntemi üretici açısından oldukça popüler olan bir işlem türüdür. Üretim maliyetinin düşük, verimliliğinin yüksek olmasına rağmen, ürün çeşitliliği sağlayan bu teknoloji, tek bir işlemde karıştırma, homojenizasyon, şekil verme ve pişirme gibi birçok fonksiyonu aynı anda gerçekleştirebilmektedir. Gıda endüstrisinde düşük değerli hammaddelerin tekstürel özelliklerini geliştirerek ekonomik değeri yüksek ara ve son ürün elde edilmesi gibi ekonomik açıdan büyük avantaj sağlayan bu teknolojinin popülaritesi gittikçe artmaktadır. Bu işlem türü özellikle mısır, buğday ve pirinç

bazlı ürünlerin üretilmesinde sıklıkla kullanılır (Estrada-Girón vd., 2015). Bu işlemde, genellikle un ve nişasta bazlı olan beslenen malzemeler düşük nem oranlarında yüksek sıcaklık ve mekanik kaymanın (mechanical shear) kısa süre uygunlanmasına maruz kalırlar (S. Sharma vd., 2015).

Ekstrüzyon teknolojisinde son ürün kalitesini etkileyen birçok parametre vardır. Ekstrüde ürünlerin fiziksel özellikleri ya da gevreklik gibi duysal özelliklerinin gelişmesinde ham maddenin etkisi büyüktür (Peksa vd., 2016). Besleme numunesinin nem miktarı, işlem sıcaklığı, vida(ların) hızı, vida(ların) şekli ve kalıp bunlardan bazılarıdır. Önceden nemlendirilmiş besleme numunesi, ekstrüderin içinde vidalar yardımıyla hem karıştırılıp hem de ileriye taşınırken ısı işleme maruz kalır. Yükselen sıcaklıkla eriyik hale gelen ve elastik bir yapıya sahip olan ürün kalıba ulaştığında, dışarının basıncı içeride oluşan basınçtan düşük olduğu için şişer. Besleme numunesinin içeriği son ürün oluşumunda büyük rol oynar. Gözenekli bir yapıya sahip olan son ürünün genleşme özellikleri, renk ve tekstür özellikleri ürünün kabul edilebilirliğini doğrudan etkilemektedir.

Yapısal özellik, ekstrüdenin önemli parametrelerinden biridir. Kalıptan çıkışı sırasında uygulanan basıncın düşmesi, su buharı oluşumu, buharlaşma sonrası oluşan yapı gibi özellikler ürünün genleşmesini etkilemektedir (Chessari ve Sellahewa, 2001). Hücre boyutunun dağılımı, hücre duvarı kalınlığı gibi özellikler de yapısal özelliği etkilemektedir. Ekstrüdeledeki hücre duvarının kalınlığının artması, sabit hücre büyüklüğünde yığın yoğunluğunun artmasına sebep olur, bu durum ekstrüdelelerin sıkıştırılması için daha büyük kuvvetler uygulanmasının gerekliliğiyle ilişkilendirilmektedir (Barrett ve Peleg, 1992). Eriyiğin reolojik özellikleri de ekstrüdenin şişme oranını ve yapısal özelliklerini etkilemektedir (Chessari ve Sellahewa, 2001; Riaz, 2000).

Ekstrüzyon süresince hammadde birçok reaksiyona uğrayabilir ve farklılık gözlemlenebilir. Nişasta jelatinizasyonu, protein denatürasyonu, Maillard reaksiyonu gibi başlıca etkilerin yanı sıra, renk değişimi, hacimce şişme, kristal yapının değişimi gibi farklılıklar da gözlemlenebilir (Sharma vd., 2015). Nişasta jelatinizasyonu sindirilebilirlik ve lezzetlilik gibi ürün özellikleri ile esneklik ve yumuşaklık gibi müşteri kabul edilebilirliği açısından önemli olan kriterleri sağlar (Sharma vd., 2015). Ekstrüde örneklerin su tutma kapasiteleri ve suda çözünme indisleri gibi fonksiyonel özellikleri ön planda olmakla birlikte, müşteri kabuledilebilirliği açısından renk ve tekstürün önemi yadsınamaz (Estrada-Girón vd., 2015).

Ekstrüzyonun iki önemli koşulu olan sıcaklık ve basınç, nişasta jelatinizasyonu için önemlidir. Un ve nişastanın ana etmenler olduğu hammaddelerde, nişasta jelatinizasyonu son ürünün

gözenekli, uygun ölçülerde genişmiş ve gevrek bir yapıya sahip olmasında rol oynar (Peksa vd., 2016). Ekstrüzyon basınç ve mekanik kaymadan dolayı polimerizasyonu teşvik ederek genişmiş bir matris oluşmasında etkili olur (Ghumman vd., 2016).

Ekstrüzyonun diğer işlem türlerine göre birçok avantajının olduğu bilinmekle birlikte, bunlar arasında en önemlisinin hammaddenin fonksiyonel özelliklerini modifiye edebilmesi olduğunu söyleyebilir (Wani ve Kumar, 2016). Endüstride kullanılan yüksek sıcaklığa sahip proseslerin fenolik maddeler başta olmak üzere birçok besin değeri yüksek maddelerin bozulmasına sebebiyet vermektedir. Bu bozulumu önlemek ya da mümkün olduğunda minimize etmek, öte yandan protein ve nişasta sindirilebilirliğini arttırmak başlıca kaygılardan biridir (Wani ve Kumar, 2016).

Son yıllarda artan tüketici bilinci, gıdalardan tadımsal hazzın da ötesinde sağlığa faydalı etkileri olması beklentisini beraberinde getirmiştir. Tüketicinin gözüne hoş görünen ürünlerin elde edilmesi adına karbonhidrat miktarı yüksek hammaddelerin kullanılması, glisemik indeksi yüksek ürünler elde edilmesine yol açmaktadır. Son yıllarda teknolojisi gerekeği buna kolaylıkla fırsat verebilen ekstrüzyon işlemiyle, besleme numunelerine fonksiyonel içerikler katılarak tüketim hazzının yanısıra sağlığa da fayda sağlayabilecek fonksiyonel ürünler üretilmeye çalışılmaktadır.

2.3 Fenolik Maddeler ve Antioksidanlar

Antioksidanlar, genel olarak, başka maddeler yerine okside olabilme özelliğine sahip kimyasal moleküller olarak tanımlanır (Seifried, vd., 2007). Serbest radikaller mitokondrideki metabolizma aktiviteleri sonucunda ortaya çıkan eşleşmemiş elektrona sahip kimyasal maddelerdir (Carocho ve Ferreira, 2013). Reaktif oksijen türleri hücredeki DNA, protein ve lipit molekülleri gibi birçok yapıya zarar veren ve çeşitli hastalıkların ortaya çıkmasına sebep olan serbest radikallere örnek olarak gösterilebilirler (Dimitrios, 2006; Seifried vd., 2007). Antioksidan mekanizmaları reaktif oksijen türlerinin ve diğer serbest radikallerin olumsuz etkilerini ortadan kaldırmaları açısından etkili ve faydalı moleküllerdir.

Meyve ve sebzelerde yüksek oranlarda bulunan fitokimyasallar antioksidan özelliklere sahiptirler. Fenolik maddeler fitokimyasalların alt basamaklarından biridir. Dolayısı ile, fenolik maddeler de antioksidan özelliklere sahip olup kanser veya kalp rahatsızlığı gibi hastalık risklerinin azaltılması ile ilişkilendirilmektedir (Gawlik-Dziki vd., 2013). Soğan içeriğindeki yüksek orandaki kuersetin ve kuersetin türevleri ile flavonoid kaynaklarına önemli bir adaydır.

Kuersetin, güçlü bir antioksidan olup serbest radikalleri uzaklaştırma ve metalleri şelatlama ve sonucunda da lipid oksidasyonunu engelleme özelliğine sahiptir (Gawlik-Dziki vd., 2013). Fitokimyasallar besleyici özelliği bulunmayan biyoaktif moleküller olmak üzere bitkiler tarafından ikincil metabolitler olarak üretilirler (Acosta-Estrada, Gutiérrez-Urbe, ve Serna-Saldívar Centro, 2014; Embuscado, 2015). Fenolik maddeler; terpen ve terpenoitler ve alkoloitlerle birlikte bitkisel fitokimyasalların üç temel sınıfından birini oluştururlar (Murphy, 2011).

Kimyasal yapı olarak polifenoller, yapısındaki hidrojenlerden en az biri hidroksil grubu ile yer değiştirmiş aromatik ring içeren moleküllerdir (Heleno vd., 2015). Fenolik bileşenler içerdikleri fenol halkası sayısına göre veya bu ringlere bağlanmış olan diğer yapılara göre sınıflandırılırlar (Ignat vd., 2011). Fenolik asitler, flavonoitler, stilbenler, kurmarinler, lignanlar ve taninler doğal fenolik antioksidanları oluştururlar (Shahidi ve Ambigaipalan, 2015).

Flavonoitler en yaygın olarak tüketilen fenolikleri oluşturur (Kosseva ve Webb, 2013). Flavonoitler, serbest radikaller ve katalitik metal iyonlarının inaktivasyonunda önemli rol oynarlar (Embuscado, 2015). Hidroksibenzoik asitler ve hidroksisinnamik asitler temel fenolik asit gruplarını oluştururlar (Heleno vd., 2015). Bu bileşenler antioksidan, antitümör ve antimikrobiyal etkiye sahip hızlı metabolize olan biyoaktif türlerdir (Heleno vd., 2015). Fenolik maddeler, gıda endüstrisinde, ürün kalitesini artırmak amacıyla kullanılan ve sağlık açısından pek çok faydası bulunan moleküllerdir. Antioksidan aktivitesini artırmak ve ürüne sağlıklı olma özelliği kazandırmak amacıyla gıda ürünlerine fenolik bileşenler eklenebilir (Acosta-Estrada vd., 2014).

2.4 Soğan

Soğan (*Allium cepa* L.), dünya çapında tüketim göz önüne alındığında domatesten sonra ikinci sırada yer almaktadır. Tüketimde üst sıralarda yer alan bu sebzenin, dış kabuklarının kullanılmaması sebebiyle endüstride oluşturduğu atık miktarı oldukça yüksektir, yoğun aroması sebebiyle de soğan atığı çevre açısından sıkıntı oluşturabilmektedir (Benítez vd., 2011a). Öte yandan, soğan kabuğunda yüksek miktarlarda olan ve insan sağlığı açısından yararlı etkileri bulunan flavonoidler, diyetik lifler ve fruktooligosakkartiler gibi maddeler, soğan kabuğunun gıda maddelerinde besin değerini arttırmak için eklenebilecek seçenekler arasında iyi bir tercih olmasına olanak sağlamıştır (Benítez vd., 2011a).

Soğan sebzesinin yumru kısmı diyetik lif, çözünen ve çözünmeyen lif dengesi ve glikoz, fruktoz gibi karbonhidratlar açısından zengindir. Flavonoidlerin iki alt sınıfı olan flavonoller ve antosiyaninler, soğan sebzesinin cinsine bağlı olarak farklı tür soğanlarda bulunabilir; kırmızı

mor soğanlarda antosiyaninler baskınken, sarı ve kahverengi türlerinde ise flavonol grubundan kuersetin oldukça yüksek miktarlarda bulunmaktadır (Benítez vd., 2011b; Pérez-Gregorio, García-Falcón, ve Simal-Gándara, 2011). Soğan kabuğunda ise kuersetin, glikoz gibi şekerlerle aglikon yapılar oluşturmuş halde bulunur (Benítez vd., 2011b; Pérez-Gregorio vd., 2011).

Benitez ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada (2011) soğanın yan ürünlerine stabil ürünler üretebilmek için termal sterilizasyon (115°C'de 17- 31 dakika) uygulanmış olup, lifli yapının dağılımı, içerik ve fizikokimyasal özellikleri incelenmiştir. Soğan atığının bazı kısımlarında çözünebilen lifin çözünemeyen life oranı 1:3 olmakta, bu özelliğiyle diyetlerde kullanılabilceği düşünülmektedir. Rehman ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada (2003), soğan, patates, havuç gibi numunelerin değişen pişirme tekniklerinin çözünemeyen lifli yapıları üzerine etkileri incelenmiştir. Soğandaki çözünmeyen lifli içeriğin pişirme tekniklerinin uygulanması sonrasında azaldığı görülmüştür, bu düşüş selüloz ve yarı-selüloz yapıların kısmi degradasyonu ile ilişkilendirilebilir diye belirtilmiştir (Rehman vd., 2003).

Jaime ve arkadaşlarının yapmış olduğu (2002) çalışmada farklı türdeki soğanların lif içerikleri incelenmiştir. Bu çalışmada, soğanın içinden dışına doğru gidilirken, çözünebilen lifin çözünemeyen life oranında bir azalma olmuş. Bununla birlikte soğanın kahverengi kısmında en yüksek lifli yapıya (65.8% kuru madde oranında) ulaşılmıştır (Jaime vd., 2002).

Choi ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada (2015), soğan kabuğu atığında glikoz ve üronik asitin içeriğinin karbonhidratlar arasında yoğun olduğundan bahsedilmiştir. Bunlarla beraber, ksiloz, mannoz, ramnoz, galaktoz, arabinoz gibi içerikler de bulunmaktadır. Çevre koşulları, saklanma zamanı, tarımsal durumlar, yetişen ürünün tipi, üretimin aşaması gibi etmenler, kimyasal dağılımın değişmesine sebep olabilmektedir (Ng vd., 2000, Jaime vd., 2002).

2.5 Enginar

Enginar (*Cynara scolymus* L.) Astereacea ailesine mensup otsu ve çok yıllık bir bitkidir (Lattanzio, vd., 2009; Pandino, vd., 2011; Zuorro, Maffei, & Lavecchia, 2016). Enginar yetiştiriciliği başta İtalya ve İspanya olmak üzere Akdeniz ülkelerinde oldukça yaygın olmakla beraber bölgedeki tarımsal ekonomi açısından önemli bir yere sahiptir (Abu-Reidah, vd., 2013; Lattanzio vd., 2009).

Enginarın tam olarak olgunlaşmamış çiçek tablası ve iç yaprakları çiğ olarak veya kaynatma, kızartma, buğulama gibi işlemler ile pişirildikten sonra tüketilmektedir (Pandino vd., 2011).

Enginarın olgunlaşmamış tablası ve iç yapraklarının etrafı ise uygun şekilde pişirildiği koşullarda yenilebilen yeşil dış yapraklar ile çevrelenmiştir (Pandino vd., 2011).

Enginarların baş kısımları, çiçek henüz erken gelişme dönemindeki iken hasat edilir (Lattanzio vd., 2009; Lombardo vd., 2010). Hasat sonrasında "enginar kalbi" denilen kısım konserve veya dondurulmuş gıda üretiminde kullanılır (Abu-Reidah vd., 2013; Lattanzio vd., 2009). Hasat edilen enginarların yaklaşık %60'lık bölümü ise gıda üretim işlemleri sonrasında ıskartaya çıkmaktadır (Conidi, vd., 2015; Llorach, vd., 2002; Zuorro vd., 2016).

Enginar işleme operasyonları sonucunda ortaya çıkan atık veya yan ürünler inülin, lif ve biyoaktif fenolikler ile antioksidan bakımından oldukça zengindir (Lattanzio vd., 2009; Ruiz-Cano vd., 2014). Bu nedenle enginar üretimi sonucu açığa çıkan küspenin biyoaktif bileşen kaynağı olarak kullanılması veya fonksiyonel gıda üretiminde değerlendirilmesi ekonomik açıdan işlevsel bir çözüm olacaktır.

Enginarın, hiperlipidemi, ödem, romatizma ve kolesterol sorunlarını çözdüğü ve koroner kalp rahatsızlığı ile ateroskleroz risklerini azalttığı düşünülmektedir (Gebhardt, 1997; Lattanzio vd., 2009). Ayrıca enginar, yüksek antioksidan kapasitesi ve yağ oranını azaltıcı özelliği sayesinde, kardiyovasküler sistem açısından faydalı bir bitkidir (Lattanzio vd., 2009). Bu ürünlerin popülerliği gün geçtikçe artmaktadır (Lattanzio vd., 2009; Lutz, vd., 2011; Pistón vd., 2014).

Enginarın içerisindeki, inülin, lif, mineral ve fenolik maddeler gibi bileşenler bitkiye oldukça besleyici ve tıbbi fayda sağlayıcı bir profil kazandırmaktadır (Lattanzio vd., 2009). Yukarıda bahsedilen sağlığı destekleyici etkilerin büyük bir çoğunluğu enginardaki inülin ve başta kafeoilkuinik asitler ve flavonoidler olmak üzere fenolik bileşenler ile ilişkilendirilmektedir (Conidi vd., 2015; Lattanzio vd., 2009).

Enginarda en yaygın olarak tespit edilen fenolik bileşenler, başta sinarin olmak üzere, kafeoilkuinik asit izomerleridir. Sinarin maddesi kolesterol biyosentezini engelleme ve LDL oksidasyonunu düşürme etkisine sahip bir madde olarak bilinmektedir (Lattanzio vd., 2009; Pistón vd., 2014). Enginarın fenolik madde profili üzerine bir çok çalışma yapılmıştır; ancak bitkinin hangi bölümünde hangi fenolik maddenin yoğunluklu olarak bulunduğu konusunda net bir bilgi bulunmamaktadır (Lombardo vd., 2012; Gaetano Pandino, vd., 2013; Wang vd., 2003). Bunun sebebi, fenolik madde profilinin tür, olgunluk seviyesi, üretim ve saklama koşullarına bağlı olarak değişkenlik göstermesidir (Wang vd., 2003).

2.6 Biyoerişilebilirlik ve Biyoyararlılık

Biyoerişilebilirlik, gıdanın sindirim sonrasında çözünerek bağırsak emilimi için erişilebilir hale gelmesi olarak tanımlanır (Hedrén vd., 2002; Helal vd., 2014; Tagliazucchi vd., 2012). Gıda matrisinden salınımı gerçekleşmemiş olan ve intestinal bariyerden geçme özelliği bulunmayan gıda bileşenleri biyoerişilebilir değildirler (Hedrén vd., 2002; Rubió vd., 2014; Saura-Calixto vd., 2007). Biyoyararlılık ise gıda matrisinden salınan bileşenin bağırsaklardan emilerek dokulara ulaşmasıdır (Porrini ve Riso, 2008). Bir gıda bileşeninin biyoyararlı olabilmesi için öncelikle biyoerişilebilir özelliğe sahip olması gerekir.

Polifenoller gıda matrisinden salınarak ve/veya enzimatik veya bakteriyel aktiviteler sonucunda modifikasyona uğrayarak biyoerişilebilir hale gelirler (Rodríguez-Roque vd., 2014; Saura-Calixto vd., 2007).

Bir polifenolik bileşeninin biyoerişilebilirliği ve biyoyararlılığı, bu bileşen ile beraber gıda matrisini oluşturan diğer besin maddelerinin varlığı sonucunda değişime uğrayabilir (Ortega vd., 2011). Gıda matrisinin dışarıdan müdahaleler ile değişikliğe uğraması besin değerinin azalmasına sebep olurken biyoyararlılığı olumlu yönde etkileyebilir (Parada ve Aguilera, 2007). Örneğin ısıtma, dondurma, konserveleme ve pişirme gibi işlemler gıda matrisini baskılayarak besinlerin biyoyararlılığını artırabilen işlemlerdir (Parada ve Aguilera, 2007).

Fenolik fitokimyasallar kiyasal yapı ve özellikleri bakımından çok farklılık gösterirler. Fenolikler fenolik asit gibi basit moleküllerden proantosiyanidin gibi yüksek dereceli polimerize olmuş moleküllere kadar çeşitlilik gösterirler. Bu onların sindirim sırasındaki biyoerişilebilirliklerini önemli ölçüde etkiler. Polifenoliklerin biyoerişilebilirliklerini sindirim sistemi içerisinde gıda matrisinden çıkışları, partikül boyutu, glikolizasyonları ile ilgili olarak hidrofilik/lipofilik dengeleri ve, pH' a bağlı transformasyonları (parçalanmaları, hidrolizasyonları ve oksidasyonları) etkilemektedir (Alminger vd, 2014). Bunlara ilave olarak, polifenollerin gıda bileşenleri ile etkileşimi de biyoerişilebilirliklerini etkiler (Karakaya, 2014). Gıdanın kompozisyonu, nasıl işlenmiş olduğu ve diğer bileşenlerle etkileşimi fitokimyasalların gıda matrisinden çıkışını etkiler ve biyoerişilebilirliklerini etkiler/değiştirir. Besinsel lifler fenolik bileşenlerin ana taşıyıcılarıdır ve biyoerişilebilirliklerini etkilerler. Life sıkışmış polifenollerin ekstraksiyonu ve sindirim sıvılarında çözünürlükleri düşüktür.

3. GEREÇ ve YÖNTEM

3.1 Malzemeler

Buğday unu Söke Un tarafından sağlandı. (İzmir, Türkiye). Enginar yaprakları ve soğan kabukları bölgesel market ve pazarlardan temin edildi (Ankara, Türkiye). Enginarların genç yeşil yaprakları ayıklanarak yıkandı. Yıkanan yapraklar doğrudan güneş ışığına maruz bırakılmaksızın oda koşullarında iki hafta bekletilerek kurutuldu. Kurutulan yapraklar laboratuvar ölçeğindeki öğütücüde öğütüldü (Fritsch Industriestrasse 8, D-55743 Idar-Oberstein, Tuv-Cert) ve elekten geçirildi (1mm, Fritsch). Soğan kabuklarını elde etmek için, soğanın en dış kabuğu atılıp alttaki kahverengi kabuklar yıkanıp kurutulmuştur. Kuruyan kabuklar öğütücüde (KSW 445 CB, Bomann, Almanya) öğütülüp 212 mikron elekten (200 M.M B.S, Endecotts Ltd, Londra) geçirilmiştir.

Buğday ununun, enginar yaprağı tozunun ve soğan kabuğu tozunun nem oranları 160°C'ta halojen nem ölçer (MIX-50, AND, Japan) kullanılarak ölçüldü. Numuneler; buğday ununa kuru bazda %3, %6, ve %9'luk oranlarda enginar yaprağı tozu veya soğan kabuğu tozu karıştırılarak son nemleri %20 olacak şekilde mikser (Kitchen aid, Ariston, USA) ile karıştırılarak hazırlandı. Kontroller ise enginar yaprağı tozu veya soğan kabuğu tozu katmaksızın sadece buğday ununu suyla nemlendirerek son nemi %20 olacak şekilde aynı mikserde (Kitchen Aid, Ariston, USA) karıştırılarak hazırlandı. Hazırlanan numuneler bir gecelik süre boyunca +4°C sıcaklıkta bekletildikten sonra ekstrüzyon işlemi yapılmadan önce 2 saat oda sıcaklığında bekletilerek numune sıcaklığının oda sıcaklığı ile dengeye ulaşması sağlandı.

Antioksidan ve toplam fenol miktarı analizlerinde analitik düzeyde kimyasallar kullanıldı.

LC/MS/MS analizlerinde gradient düzeyde kimyasallar kullanıldı.

3.2 Ekstrüzyon İşlemi

Ekstrüzyon işlemi için çift vidalı, (Feza Gıda Müh. Makine Nakliyat Demir Tic. Ltd. Şti., İstanbul) laboratuvar tipi ekstruder kullanılmıştır. Kalıp çapı 3 mm, namlu uzunluğunun çapına oranı (L:D) 25:1'dir. Dört bölgeli ısıtma sistemine sahip ekstrüderin bölge sıcaklıkları elektrikli ısıtma ve suyla soğutma sistemiyle denetlenmektedir.

Ön denemeler ile nem olarak sade ve fonksiyonel bileşen eklenmiş (kurutulmuş enginar yaprağı tozu veya soğan kabuğu tozu) ürün için %20 seçilmiş, fonksiyonel bileşen oranı kuru bazda %0, %3, %6 ve %9 olarak belirlenmiştir. Besleme hızı kurutulmuş enginar yaprağı tozu eklenmiş ürünler için 55 g/dk olarak belirlenirken soğan kabuğu tozu kullanılmış deneyler için 44 g/dk olarak belirlenmiştir. İşlem aralıkları vida kayma hızı için 250 dev/dk, işlem sıcaklıkları ise birinci bölge için 70°C, ikinci bölge için 80 °C, üçüncü bölge için 130°C ve dördüncü bölge için 150 °C olarak belirlenmiştir.

Extruderden çıkan, nem analizi (MX-50, AND, Japonya) bir gün sonra yapılan enginar yaprağı tozu eklenerek elde edilmiş numuneler 50 °C'lik fırında 5 saat, soğan kabuğu tozu eklenerek elde edilmiş numuneler 50 °C'lik fırında 4 saat kurutulmuştur. Plastik poşetlere konulup ağızları kapatılıp analiz gününe kadar saklanmışlardır.

Toplam fenol, DPPH yöntemi ile antioksidan aktivitesi tayini ve LC/MS/MS analizlerinde kullanılan ürünler ekstrüzyon işlemi sonrası kurutma işlemine tabi tutulmadan koyu renk poşetlere koyulup -20°C'lik dolapta analiz gününe kadar saklanmıştır.

3.3 Renk Ölçümü

Ekstrüde ürünler öğütme makinesinde (KSW 445 CB, Bomann, Almanya) öğütüldükten sonra elekten (212 mikron) geçirilmiştir. Elde edilen toz, düzleştirilip tanecikler arasında boşluk bırakılmamak üzere sıkıştırılmış ve renk analizleri yapılmıştır. Standart beyaz değerleri $L^* = 93.8$, $a^* = 0.0$, $b^* = 5.2$ olarak ölçülen renk ölçme cihazıyla (CR-10, Konica minolta, İstanbul) L^* , a^* ve b^* değerleri ölçülmüştür (Caltinoglu vd, 2013). ΔE değerleri ise, soğan kabuğu tozu ya da enginar yaprağı tozu eklenmiş ürünlerle, eklenmemiş buğday ekstrüdesini karşılaştırarak aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_{ref}^*)^2 + (a^* - a_{ref}^*)^2 + (b^* - b_{ref}^*)^2}$$

L^* : Enginar yaprağı tozu ya da soğan yaprağı tozu eklenmiş ekstrüde ürünün L^* değeri

a^* : Enginar yaprağı tozu ya da soğan yaprağı tozu eklenmiş ekstrüde ürünün a^* değeri

b^* : Enginar yaprağı tozu ya da soğan yaprağı tozu eklenmiş ekstrüde ürünün b^* değeri

L_{ref}^* : Enginar yaprağı tozu ya da soğan yaprağı tozu eklenmemiş kontrol ürününün L^* değeri

a_{ref}^* : Enginar yaprağı tozu ya da soğan yaprağı tozu eklenmemiş kontrol ürününün a^* değeri

b_{ref}^* : Enginar yaprağı tozu ya da soğan yaprağı tozu eklenmemiş kontrol ürününün b^* değeri

3.4 Yiğın Yoğunluğu

Tartılan ürünler önceden 100 °C'de eritilmiş olan parafine batırılıp 3 saniye kadar bekletildi ve kurutulmaya bırakıldı. Kurumuş ürün tekrar tartıldı. Parafinle kaplanmış ürün dereceli silindirin içine atılarak ve hacmi bilinen bir bilye yardımıyla batması sağlanarak suyun hacim farkı ölçülerek yiğın yoğunluğu aşağıdaki formüllere göre hesaplandı (Caltinoglu vd, 2013).

$$m_{(\text{parafin})} = m_{(\text{toplama})} - m_{(\text{extrude})}$$

$$V_{(\text{parafin})} = m_{(\text{parafin})} / \rho_{(\text{parafin})}$$

$$V_{(\text{extrude})} = \Delta V_{(\text{silindir})} - V_{(\text{bilye})} - V_{(\text{parafin})}$$

$$\rho_{(\text{extrude})} = m_{(\text{extrude})} / V_{(\text{extrude})}$$

$m_{(\text{parafin})}$: Ekstrüde ürünü kaplamak için kullanılan parafin ağırlığı (g)

$m_{(\text{toplama})}$: Parafin kaplanmış ürünün toplam ağırlığı (g)

$m_{(\text{extrude})}$: Parafin kaplanmamış ürün ağırlığı (g)

$V_{(\text{parafin})}$: Ekstrüde ürünü kaplamak için kullanılan parafinin hacmi (cm³)

$\rho_{(\text{parafin})}$: Parafinin yoğunluğu (g/cm³)

$V_{(\text{extrude})}$: Ekstrüde ürünün yiğın hacmi (cm³)

$\Delta V_{(\text{silindir})}$: Dereceli silindirdeki sıvının yer deęiőtirme miktarı (cm³)

$V_{(\text{bilye})}$: Bilyenin hacmi (cm³)

$\rho_{(\text{extrude})}$: Ekstrüde ürünün yiğın yoğunluğu (g/cm³)

3.5 Parçacık Yoğunluğu

Parçacık yoğunluğu analizleri Orta Doğu Teknik Üniversitesi genel laboratuvarında Helyum Piknometresi (Quantachrome Ultrapycnometer 1000, Florida, USA) kullanılarak ölçülmüştür.

3.6 Genleşme Oranları (SEI, VEI, LEI) ve Gözeneklilik

Genleşme oranları ve gözeneklilik aşağıdaki formüllere göre hesaplanmıştır (Ali vd, 1996; Alvarez-Martinez vd, 1988; Pai vd, 2009; Caltinoglu vd, 2013):

$$SEI = (D_e/D_d)^2$$

D_e : Ekstrüde ürünün çapı (mm)

D_d : Ekstrüderin kalıp çapı (mm)

$$VEI = \rho_{(\text{parçacık yoğunluğu})} / \rho_{(\text{extrude})}$$

$\rho_{(\text{parçacık yoğunluğu})}$: Ekstrüde ürünlerin parçacık yoğunluğu (g/cm^3)

$\rho_{(\text{extrude})}$: Ekstrüde ürünlerin yığın yoğunluğu (g/cm^3)

Gözeneklilik = $1 - \rho_{(\text{extrude})} / \rho_{(\text{parçacık yoğunluğu})}$

$\rho_{(\text{parçacık yoğunluğu})}$: Ekstrüde ürünlerin parçacık yoğunluğu (g/cm^3)

$\rho_{(\text{extrude})}$: Ekstrüde ürünlerin yığın yoğunluğu (g/cm^3)

3.7 Su Emme ve Suda Çözünübilirlik İndisleri (WAI, WSI)

Kurutulmuş ekstrüde ürünler öğütme makinesinde (KSW 445 CB, Bomann, Almanya) öğütüldükten sonra elekten geçirilmiştir ($212 \mu\text{m}$). 1 gram ürüne 6 ml'lik saf su eklenerek beher içinde 30°C 'de 1000 dakikada devir sayısında 30 dakika boyunca karıştırılmıştır (Wisd WiseStir MS-20D, Witeg, Almanya). Karıştırılan ürün dikkatli bir şekilde önceden tartıp ağırlığı belirlenmiş santrifüj tüplerine konmuştur. Örnekler 24°C 'de, 4000 g'de 20 dakika boyunca santrifüj (2-16PK, Sigma Laborzentrifugen, Almanya) edilmiştir. Santrifüjden çıkan ürünün sıvısı önceden tartılıp ağırlığı belirlenen cam tüplere alınıp sıvıdan ayrılan kısım tartılıp not edilmiştir. Cam tüplere alınan sıvı 110°C 'de 18 saat bekletilip tartılmıştır. Su emme indeksi ve çözünübilirlik indeksi aşağıdaki gibi hesaplanmıştır (Anderson vd, 1969; Caltinoglu vd, 2013).

Su emme indeksi ("WAI") = Çökeltinin ağırlığı / kuru ürünün ağırlığı

Çözünübilirlik indeksi ("WSI") = Sıvıda çözülmüş parçacık ağırlığı x100/kuru ürünün ağırlığı

3.8 Tekstür Analizi

Ekstrüde ürünlerde tekstür değerlerini ölçmek için tekstür analiz cihazı (TA.XTPlus, Stable Micro Analyser, UK) sıkıştırma modunda kullanılmıştır. Ekstrüdelerin maksimum gerilim ölçümlerinde kuvvet – zaman eğrisi kullanılmıştır. Maksimum gerilim için aşağıdaki denklem kullanılmıştır (Sahin & Sumnu., 2006).

$$\sigma = (F \cdot L) / (\pi r^3)$$

σ : Maksimum gerilim (Pa)

F : Kuvvet (N)

r : Ekstrüde numunenin yarı çapı (m)

L : İki destek ünitesi arasında kalan uzunluk (m)

Yapısal analiz cihazının yükseklik ve kuvvet kalibrasyonları cihazın kullanımı öncesinde yapılmıştır. Kesme testlerinde kullanılan prob 0.12cm'lik kalınlığa ve 8 cm'lik genişliğe sahiptir. 4 cm uzunluğunda kesilmiş olan numuneler iki desteğin üzerine konulmuştur, bu destekler arası uzaklık 2cm'dir. Üç noktalı esneme metodu için tetikleyici kuvvet 5.0 g, test hızı 10 mm.s-1 ve uzaklığı 10 mm olarak ayarlanmıştır.

3.9 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

Ekstrüde ürünlerin SEM imajları ODTÜ'nün merkezi laboratuvarında bulunan taramalı elektron mikroskobu (400F Field Emission, QUANTA, Holland) kullanılarak çekilmiştir. Ekstrüde ürünler imajları çekilme işleminden önce 6 nm'lik Au-Pd ile kaplanmıştır (Polaron, Range, UK).

3.10 Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC) ile Jelatinizasyon

Ekstrüde ürünlerin ve ekstrüzyon işlemi görmemiş ürünlerin jelatinizasyon özellikleri Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC) ile bakılmıştır. Analiz Soğutuculu Perkin Elmer DSC 4000 aleti ile yürütülürken indiyum ve çinko kalibrasyon için, boş pan ise referans olarak kullanılmıştır. Ekstrüzyon sonrası soğuk odada (+4°C) saklanan örnekler, öğütülüp 212 µm elekten geçirilmiştir. Öğütülen ekstrüde ve besleme (soğan kabuğu tozu eklenmiş /eklenmemiş ve enginar yaprağı tozu eklenmiş/eklenmemiş) ürünler 8 mg civarı panlere tartılmıştır (30 µL, Perkin- Elmer). Üzerine 16 mg su eklenen panler örnek-enkapsülleme yöntemi ile kapatılıp nem açısından dengeye gelmesi için gece boyunca buzdolabında bekletilmiştir. Analiz koşulları, 20°C'den 100°C' ye 10°C/dk hız, nitrojen gazı hızı ile 20 ml/dk olacak şekilde ayarlanmıştır. Jelatinizasyon tepe sıcaklığı (Tp) ve jelatinizasyon entalpisi (ΔH) Pyris yazılımı (Version 11.0.0.0449) kullanarak ölçülmüştür.

3.11 Duyusal Analiz

ODTÜ Gıda Mühendisliği Bölümünde 10 adet eğitilmemiş panelistden kontrollerinin ve enginar yaprağı tozu veya soğan kabuğu tozu eklenerek elde edilmiş ekstrüde örneklerin görünüşü, rengi, tadı, dokusu ve genel tercihleri dokuz noktalı hedonik skalaya göre değerlendirmeleri istenmiştir. Duyusal analizde kullanılacak ürünler panelistlerin daha iyi bir ağız hissi almaları için testten önce 50°C'lik bir fırında 24 saat daha kurumaya bırakılmışlardır. Kurutma sonrasında ekstrüde ürünlerin nemleri %3-4 olarak ölçülmüştür. Panelistler, örnekler arasında ağızlarını suyla çalkalamışlardır.

3.12 Ekstraksiyon

Toplam fenol ve antioksidan aktivitesi tayini analizlerinde kullanılan örneklerin ekstraksiyon işlemi bir kaç modifikasyonla Anton vd. (2009) tarafından tarif edilen şekilde yapılmıştır. Öğütülmüş 1g ekstrüde ürün tozu veya 1g ekstrüzyon işlemi görmemiş örnek 25 mL %80'lik aseton-su karışımı ile karıştırıldı. Manyetik karıştırıcı (JeioTech-Multichannel Stirrer, MS-52 M) kullanılarak karanlık ortamda, 200 dev/dk'da 2 saat boyunca ekstraksiyon işlemi yapıldı. 3000g hız ile 12 dakika santrifüj (2-16PK, Sigma Laborzentrifugen, Almanya) işlemi uygulandı. Santrifüj edilen örnek şırınga tipi 0,45µm'lik filtreden (Şırınga Filtresi, PTFE 25mm) geçirildi.

3.13 Toplam Fenolik Analizi

Toplam fenolik analizi bir kaç modifikasyonla Anton vd. (2009) tarafından tarif edilen şekilde yapıldı. Hazırlanan ekstraktan alınan 0,4mL örnek 3mL 10'da 1 oranında seyreltilmiş Folin Ciocalteau (Merck, Almanya) çözeltisi ile karıştırıldı. 5 dakika sonra 3mL Na₂CO₃ çözeltisi (60g/L) eklendi. Karanlık ortamda, oda sıcaklığında 90 dakikalık inkübasyona bırakıldı. İnkübasyon süresi sonunda spektrofotometre cihazı (Shimadzu, UV-Visible Spectrophotometer, UV-1700, Japan) ile 725nm'de absorbans ölçümü yapıldı. Gallik asit (3,4,5-Trihidroksibenzoikasit, Sigma-Aldrich, Almanya) ile hazırlanan ölçün eğrisi ile eşdeğer gallik asit değerleri mg gallik asit/gr kuru ağırlık cinsinden hesaplandı.

3.14 DPPH Yöntemi ile Antioksidan Aktivitesi Tayini

Antioksidan aktivite analizi bir kaç modifikasyonla Anton vd. (2009) tarafından tarif edilen şekilde yapıldı. Hazırlanan ekstraktan 0,8 mL alınarak 15,2mL DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil, Sigma-Aldrich, Almanya) çözeltisi (63µM) ile karıştırıldı ve reaksiyonun tamamlanması için oda sıcaklığındaki karanlık ortamda 40 dakika boyunca bekletildi. Spektrofotometre cihazında (Shimadzu, UV-Visible Spectrophotometer, UV-1700, Japan) 517nm'de absorbans ölçümü yapıldı. Sonuçlar, troloks (6-hydroxy-2,5,7,8-tetrametilkroman-2-karboksilik asit) ile hazırlanan ölçün eğrisi kullanılarak eşdeğer troloks (TE) /gr kuru ağırlık cinsinden hesaplandı.

3.15 Nişasta Sindirilebilirliği

Ekstrüde ürünlerin glikoz fraksiyon analizleri Englyst, vd, 1999 ile Parada, vd, 2011 çalışmalarındaki prosedürler modifiye edilerek yapılmıştır. Öğütücüde öğütülüp (KSW 445 CB, Bomann, Almanya) elekten (212 µm) geçirilmiş olan ekstrüde ürünler santrifüj tüplerine 0,7 gram tartılır. Eklenen kimyasallardan ve enzimlerden gelecek olan şekeri hesaba

katabilmek amacıyla kör tüp ekstrüde ürünlerle birlikte deneye tabi tutuldu. Tartılan ürünlerin ve kör örneğin üzerlerine 5 mL benzoik asit çözeltisi (%50) ve 10 mL pepsin-guar gam çözeltisi (5 g pepsin/L ve 5 g guar gam/L 0,05 M HCl içerisinde çözüldü) eklendi. Vortekslenen tüpler, 30 dakika boyunca tutulmak üzere 37°C'lik su banyosuna yerleştirildi. Su banyosu sonrasında, her tüpe 5 mL sodyum asetat (0.5 M), 5 adet cam bilye ve 5 mL enzim karışımı eklendi. Enzim karışımı pankreatin (Sigma-Aldrich, No: 7545, USA), amiloglükosidaz (Sigma-Aldrich, No: A7095, USA) ve invertaz (Sigma-Aldrich, No: I4504, USA) içermektedir. Ağızları hemen kapatılan tüpler, yavaşça karıştırılıp, 30 dakika boyunca 37°C'lik su banyosunda 160 dds de çalkalanmaya bırakıldı. 20 dakika sonunda, G20 örneklerini almak için tüpler su banyosundan çıkarıldı, 0,2 mL alınarak başka tüpe aktarıldı. 0,2 mL örneklerin üzerine 4 mL etanol eklenip vortek ile karıştırıldı. Su banyosunda çıkarılan tüpler geri yerleştirildi. 100 dakika sonra, su banyosundan tüpler tekrar çıkarılarak 0,2 mL lik örnekler alınıp 4 mL etanol eklenerek G120 örnekleri oluşturulmuştur. Su banyosundan çıkarılan ana tüpler vortekslenerek kaynar su banyosunda 30 dakika bekletilmiştir. Kaynar su banyo sonrası buzlu suda 15 dakika boyunca tüpler soğutulup 10 mL potasyum hidroksit (0,7 mol/L) eklendi. Yavaşça karıştırıldıktan sonra 0°C'lik su banyosunda 30 dakika tutuldu. Süre sonunda, tüplerden 0,2 mL alınıp 1 mL asetik asit çözeltisi (1 M) ve 320 µL amiloglükosidaz çözeltisi eklendi. Sırasıyla, 30 dakika boyunca 70°C'de ve 10 dakika boyunca kaynar su banyosunda bekletildi. Oda sıcaklığına soğutulan tüplere 12 mL etanol ilave edilerek TG örnekleri elde edildi.

HPLC ölçümü öncesi örnekler ekstraksiyon işlemi Englyst vd, (1999)'dan modifiye edilerek uygulanmıştır. 1500 x g'de 5 dakika boyunca santrifüjlenen örneklerin supernatantları alındıktan sonra konsantratörde kurutulmuştur. Kuruyan örnekler 1 mL suyla çözüldükten sonra 0,45 µm şırınga filtresinden (Syringe Filter, PTFE 13 mm) geçirilip vialerle aktarılmıştır. HPLC deneyleri ODTÜ Moleküler Biyoloji ve Biyoteknoloji AR-GE Merkezinde yaptırılmıştır.

Çabuk açığa çıkan glikoz (RAG), yavaş açığa çıkan glikoz (SAG) ve ulaşılamayan glikoz (UG) miktarları aşağıdaki denklemler ile hesaplanmıştır:

$$RAG = G20/TG$$

$$SAG = (G120 - G20)/TG$$

$$UG = (TG - G120)/TG$$

3.16 Kuarsetin ve Sinarin Analizi

Öğütülmüş 5g ekstrüde ürün tozu veya 5g ekstrüzyon işlemi görmemiş örnek 30 mL metanol ile karıştırıldı. Ultrasonik banyoda 1 saat boyunca ekstraksiyon işlemi yapıldı. 15000g hız ile

10 dakika santrifüj işlemi uygulandı (2-16PK, Sigma Laborzentrifugen, Almanya). Sıvı kısım ayrıldıktan sonra geride kalan kısım yıkanmak üzere 15 ml metanol ile karıştırılıp 1 saat ultrasonik banyoda bekletildi. 15000g hız ile 10 dakika santrifüj işlemi uygulandı (2-16PK, Sigma Laborzentrifugen, Almanya). Daha sonra önceden ayrılan ekstrakt ile elde edilen yeni ekstrakt birleştirildi. Santrifüj edilen örnek önce şırınga tipi 0,45µm'lik filtreden daha sonra da şırınga tipi 0,20µm'lik filtreden geçirildi. Tüm ekstraktlar metanol eklenerek 50mL'ye tamamlandı. Ekstraktlardan 1'er mL alınarak viallere koyuldu.

3.17 *In vitro* Sindirim Analizi

In vitro sindirim işlemi; ağız, mide ve ince bağırsak olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmektedir. Analiz, Minekus vd. (2014) uyguladıkları yöntem modifiye edilerek yapılmıştır. Belirli oranlarda KCl, KH₂PO₄, NaHCO₃, NaCl, MgCl₂(H₂O)₆, (NH₄)₂CO₃ içeren ağız, mide ve ince bağırsak sıvıları Tablo 1'e göre hazırlanmıştır.

Tablo 1: Sindirim sıvılarında kullanılan bileşiklerin gösterimi

			SSF (pH 7)		SGF (pH 3)		SIF (pH 7)	
Bileşen Stok konsantrasyon			Stok hacmi	SSF içindeki konsantrasyonu	Stok hacmi	SGF içindeki konsantrasyonu	Stok hacmi	SIF içindeki konsantrasyonu
	g L ⁻¹	mol L ⁻¹	ml	mmol L ⁻¹	ml	mmol L ⁻¹	ml	mmol L ⁻¹
KCl	37.3	0.5	15.1	15.1	6.9	6.9	6.8	6.8
KH ₂ PO ₄	68	0.5	3.7	3.7	0.9	0.9	0.8	0.8
NaHCO ₃	84	1	6.8	13.6	12.5	25	42.5	85
NaCl	117	2	-	-	11.8	47.2	9.6	38.4
MgCl ₂ (H ₂ O) ₆	30.5	0.15	0.5	0.15	0.4	0.1	1.1	0.33
(NH ₄) ₂ CO ₃	48	0.5	0.06	0.06	0.5	0.5	-	-

*Tabloda SSF ağız, SGF mide SIF ise ince bağırsak sıvısını ifade etmektedir.

Ağız sıvısının pH değeri 7'ye, mide sıvısının 3'e, ince bağırsak sıvısının ise 7'ye ayarlandı.

Ağız sindirimi: Örnekler 1'er gram olacak şekilde falcon tüplerine tartılmıştır. Üzerine 5 ml saf su ilave edildi. Ardından hazırlanan ağız sıvısından 4 ml tüpe eklendi. 25 µl 0.3M CaCl₂ ilave edildi. pH değeri tekrar 7'ye ayarlandıktan sonra hacim 10 ml'ye tamamlandı. 37 ° C' de 2 dakika ağız sindirimi için inkübasyon işlemi gerçekleştirildi.

Mide sindirimi: İnkübasyonun ardından mide sindirimi aşamasına geçildi. Ağız sindirimine uğramış örneklerin üzerine 8 ml mide sıvısı ilave edildi. 0.3 M CaCl₂ çözeltisinden 5 µl ilave edildikten sonra pH değeri tekrar 3'e ayarlandı. 1ml pepsin çözeltisi (2000 U/ml) ilave edildi ve son hacim 20 ml'ye tamamlandı. 37 ° C' de 2 saat mide sindirimi için inkübasyon işlemi gerçekleştirildi.

İnce bağırsak sindirimi: Mide sindirimini takriben ince bağırsak sindirimine geçildi. Hazırlanan ince bağırsak sıvısından 11 ml ilave edilir. Üzerine 40 µl 0.3 M CaCl₂ çözeltisi ilave edildi. 160 mM olarak hazırlanan safra çözeltisinden 2.5 ml eklendi. pH değeri 7'ye ayarlandıktan sonra 5 ml pankreatin çözeltisi (100 U/ml) ilave edildi. Son hacim 40 ml'ye tamamlandı. 37 ° C' de 2 saat ince bağırsak sindirimi için inkübasyon işlemi gerçekleştirildi.

İnkübasyon işleminin ardından sindirime uğramış örneklerden tamamını temsil edecek şekilde homojen olarak 5'er ml alındı ve üzerine 500 mM Pefabloc® stok çözeltisinden 45 µl ilave edildi. Bu işlemle birlikte sindirim prosesi durdurulmuş oldu. 10000 g 15 dakika olacak şekilde santrifüjleme işleminin ardından biyoerişilebilir kısım dondurularak muhafaza edildi.

3.18 *In vitro* Sindirim Analizi Sonrası Kuersetin ve Sinarin Analizi

In vitro sindirim analizi sonrasında fenolik asit ve flavonoidlerin ekstraksiyonu için sindirilmiş sıvı örneğinden 0,5'er ml alınarak iki ayrı Eppendorf tüpüne koyuldu. Tüpler 13000 rpm (22673 g)'de 90 saniye santrifüj edildi (Eppendorf, Minispin Plus personal microcentrifuge). Her iki tüpten de 0,4'er ml'lik sıvı kısım 0,4 ml B mobil fazı (%1 oranında formik asit içeren CH₃CN) ile seyreltildi. Tüpler tekrar 13000 rpm (22673 g)'de 90 saniye santrifüj edildi. Santrifüj edilen örneklerden 0,2'şer ml sıvı alınarak 0,8 ml B mobil fazı ile seyreltildi. Seyreltilen örnekler 13000 rpm (22673 g)'de 90 saniye santrifüj edildi ve santrifüj sonrası iki tüpteki sıvı kısımlar birleştirildi. Son ekstrakt önce şırınga tipi 0,45µm'lik filtreden daha sonra da şırınga tipi 0,22µm'lik filtreden geçirildi. Elde edilen örnekler bekletilmeden LC/MS/MS ile analiz edildi.

Analizlerde elektro sprey iyonizasyon (ESI) arayüzü ile UHPCL pompa sistemine (SPH1240TM, Spark Holland) bağlanmış bir kütle spektrometre cihazı kullanıldı. Oto-örnekleme (AliasTM, Spark Holland) kullanılarak sinarin, sinarozid, klorojenik asit ve kuersetin maddelerinin miktar tespiti yapıldı. Metot daha önce Sanchez-Rabaneda vd. (2003) tarafından geliştirilen metottan faydalanılarak oluşturuldu. Analizlerde, oda sıcaklığında, C18 Synergi Fusion-RP 80 Å (2.0 mm çapında, 50 mm uzunluğunda, partikül büyüklüğü 4 µm) kolonu kullanıldı. Fırın sıcaklığı +4 °C'a ayarlandı. A mobil fazı %1 formik asit içeren H₂O, ve B mobil fazı %1 formik asit içeren CH₃CN olmak üzere dereceli elüsyon programı şu şekilde

oluşturuldu (dak/%A): 0.0/0; 1.0/15; 2.0/20; 2.2/10; 2.5/10; 3.3/0. Analizler sabit 200 mikrolitre/dak. akış hızında gerçekleştirildi.

MS ve MS-MS sonuçlarını almak için 3200 Q TRAP kütle spektrometre cihazı (AB Sciex) kullanıldı. Diğer parametreler şunlardır: Source Sıcaklığı: 550°C; Parçalama (collision) gazı: Nitrojen. Tanımlamalar negatif iyon, MRM (multiple reacting monitoring) modunda yapıldı. Cihaz kontrolü ve veri alımı için Analyst 1.6 yazılım sistemi kullanılmıştır.

3.19 İstatistiksel Analizler

Sonuçlar, istatistiksel olarak fark olup olmadığını ($p \leq 0.05$) görmek amacıyla Minitab (16.1.1) kullanılarak analiz edilmiştir. Fark gzlemlendiyse Duncan oklu aralık testi uygulanmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1 Renk Analizi

Renk, ürünün kabul edilebilirliğini doğrudan etkileyen önemli bir kalite parametresidir (Altan vd., 2008). Ekstrüderin en önemli özelliklerinden biri olan renk değişikliği, numune içindeki esmerleşme reaksiyonları, ekstrüzyon işleminin derecesinin ve eriyiğin içindeki pigmentlerin parçalanması hakkında bilgiler vermektedir (Ilo vd., Berghofer, 1999; Altan vd., 2008a; Altan vd., 2008b). Ekstrüzyon işlemindeki renk ve tat oluşumu, maillard reaksiyonuyla ilişkilendirilmiştir (Chessari ve Sellahewa, 2001).

Soğan kabuğu tozu eklenmiş ürünlere bakacak olursak soğan kabuğu tozu ekleme miktarı arttıkça soğan kabuğunun renk özelliğiyle, ekstrüderin parlaklık değerinde (lightness, L*) azalmaya, kırmızılık (redness, a*) ve sarılık (yellowness, b*) değerlerinde artış görülmüştür (Tablo 2).

Tablo 2: Değişik oranlarda soğan kabuğu tozu eklenmiş ürünlerin renk özellikleri

% Soğan kabuğu tozu	L*	a*	b*	ΔE
Kontrol	71,76 ± 0,31 ^a	4,32 ± 0,16 ^d	19,42 ± 0,19 ^c	Referans
% 3	61,36 ± 0,50 ^b	10,79 ± 0,31 ^c	21,76 ± 0,34 ^b	12,48 ± 0,59 ^c
% 6	55,68 ± 0,43 ^c	13,70 ± 0,29 ^b	22,79 ± 0,25 ^a	18,92 ± 0,61 ^b
% 9	52,5 ± 0,33 ^d	15,48 ± 0,21 ^a	23,05 ± 0,19 ^a	22,56 ± 0,14 ^a

Sonuçlar ortalama ± SS (n=10); aynı kolondaki farklı harflendirilmiş sonuçlar (a,b,c) istatistiki olarak farklıdır (p≤0.05).

Buğday ekstrüderine değişik oranlarda enginar yaprağı tozu eklemek, açıklık/ koyuluk göstergesi olan L* değerlerinde, kırmızılık indisi olan a* değerlerinde, sarılık indisi olan b* değerlerinde ve toplam renk değişimini gösteren ΔE değerlerinde istatistiksel farklılığa neden olmuştur (Tablo 3). Enginar yaprağı tozu eklenmemiş buğday ekstrüderinin 'L*' değeri 73,3 ± 0,3 iken, eklenen enginar yaprağı tozu miktarı arttıkça buğday ekstrüderinin L* değerlerinde bir azalma gözlemlenmiştir. Diğer yandan eklenen enginar yaprağı tozu miktarı ile a*, b* ve ΔE değerleri artmıştır. En çok renk değişimi, beklendiği gibi, kuru bazda %9 oranında enginar yaprağı tozu eklenerek elde edilmiş buğday ekstrüdesinde gözlemlenmiştir

(Tablo 3). Kırmızılık ve sarılık değerlerindeki artış enginar yaprağının içinde bulunan cyanidin 3,5-diglucoside, cyanidin 3-glucoside, cyanidin 3,5-malonyldiglucoside, cyanidin 3- (3"-malonyl) glucoside, ve cyanidin 3-(6"-malonyl) glucoside gibi antosianinlerden ve; luteolin-7-rutinoside, cynaroside, apigenin-7-rutinoside, ve apigenin-7-O-beta-D-glucopyranoside gibi flavonoidlerden kaynaklanıyor olabilir (Zhu ve Zhang, 2004; Schütz vd., 2006).

Tablo 3: Değişik oranlarda enginar yaprağı tozu eklenmiş ürünlerin renk özellikleri

% Enginar Yaprağı Tozu	L*	a*	b*	ΔE
Kontrol	73,3 ± 0,3 ^a	4,4 ± 0,4 ^d	19,1 ± 0,2 ^d	Referans
% 3	67,9 ± 0,5 ^b	4,8 ± 0,4 ^c	21,8 ± 0,2 ^c	20, 9 ± 0,5 ^c
% 6	64,6 ± 0,8 ^c	5,1 ± 0,1 ^b	23,3 ± 0,1 ^b	24,6 ± 0,8 ^b
% 9	61,2 ± 0,6 ^d	5,4 ± 0,1 ^a	23,7 ± 0,1 ^a	27,9 ± 0,1 ^a

Sonuçlar ortalama ± SS (n=10); aynı kolondaki farklı harflendirilmiş sonuçlar (a,b,c,d) istatistiki olarak farklıdır (p≤0.05).

4.2 Genleşme Özellikleri

Nişasta içeriğinin ekstrüzyon işleminde önemli bir rolü vardır. Nişasta, ekstrüde yapılarının oluşmasındaki temel içerik olmakla birlikte genleşmedeki esas unsurdur (Lue vd., 1991) Ekstrüzyon derecesinin, ekstrüzyonda pişmiş olan matrisi, çevreleyen hava hücrelerinin büyüklüğü, sayısı ve dağılımıyla ilişki olduğu belirtilmiştir (Yanniotis vd., 2007). Ekstrüzyon sırasında içeriği, yapısı, fizyolojik özelliklerinin değişebileceğinden bahsedilmiştir (Lue vd., 1991).

Hacimsel genleşme (VEI) ve seksiyonel/kesim genleşme (SEI) değerlerine baktığımızda, her iki sonuçta soğan kabuğu tozu miktarı artışı ile ters orantılı ilişkilenmiş olduğunu görüyoruz (Tablo 4). En yüksek soğan kabuğu tozu içeren dolayısı ile en fazla lif içeren ürün olan %9 ekstrüde ürün, her iki analiz sonucunda da istatistiki olarak en düşük seviyede gözlemlenmiştir. Nişastayı belirli oranlarda lif, yağ ve protein maddeleri ile değiştirmenin, ekstrüder içersinde eriyiğin vizkozitesini azaltacağı böylece de uçan su buharının sebep olduğu hava kesecikleri miktarının azalarak genleşmenin azalacağı öne sürülmüştür (Basto vd., 2016). Brennan vd, 2008 çalışmasında, lif eklemenin genleşme oranını düşürdüğü ve yığın yoğunluğunu arttırdığı bulunmuştur. Çözünmeyen diyetik liflerin ekstrüderde ürünün çıkışı sırasında hava baloncuklarının patlamasına sebep olarak genleşmenin azalmasına

sebeplere olabileceğini öne sürmüşlerdir. Lifin suyu tutması ve genişlemeye engel olması sebebiyle daha sıkı bir yapıya sahip olan ekstrüde ürünlerin yığın yoğunluğunun daha fazla olmasının beklenen sonuç olduğunu belirtmişlerdir (Selani vd., 2014).

Tablo 4: Değişik oranlarda soğan kabuğu tozu eklenmiş ürünlerin fiziksel özellikleri

% Soğan kabuğu tozu	VEI	SEI	Gözeneklilik	Yığın Yoğunluğu (g/cm ³)
Kontrol	8,58 ± 0,26 ^a	8,28 ± 0,64 ^a	0,86 ± 0,020 ^a	0,184 ± 0,005 ^d
% 3	8,05 ± 0,17 ^b	6,84 ± 0,52 ^b	0,87 ± 0,010 ^a	0,203 ± 0,004 ^c
% 6	8,18 ± 0,30 ^b	6,80 ± 0,59 ^b	0,87 ± 0,008 ^a	0,211 ± 0,008 ^b
% 9	7,12 ± 0,14 ^c	5,39 ± 0,46 ^c	0,86 ± 0,004 ^a	0,220 ± 0,004 ^a

Sonuçlar SEI için ortalama ± SS (n = 50); VEI, Yığın yoğunluğu ve Gözeneklilik için ortalama ± SS (n=10); aynı kolondaki farklı harflendirilmiş sonuçlar (a,b,c) istatistiki olarak farklıdır (p≤0.05).

Kontrol olarak enginar yaprağı tozu eklenmemiş, ve değişik oranlarda enginar yaprağı tozu eklenerek elde edilmiş ekstrüde ürünlerin genişleme özelliklerinin analizi için 'SEI', 'VEI', 'Gözeneklilik' ve 'Yığın Yoğunluğu' değerleri incelenmiştir (Tablo 5). Yarıçaptaki genişlemeyi ifade eden 'SEI' değerlerinde istatistiksel olarak farklılık gözlemlenmiştir. En çok genişleme gösteren ekstrüde ürün, 14,11 ± 0,97 (m²/m²) 'SEI' değeriyle, enginar yaprağı tozu eklenmemiş ürün olurken, eklenen enginar yaprağı tozu miktarı arttıkça 'SEI' değerlerinde istatistiksel olarak düşüş gözlemlenmiştir (Tablo 7). Fonksiyonel içerik eklenerek elde edilmiş ekstrüde ürünler ile ilgili birçok çalışmada da benzeri sonuçlar elde edilmiştir (Altan vd., 2008; Dehghan-Shoar vd., 2010; Diaz vd., 2013; Selani vd., 2014).

Altan ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada (2008a), arpa ununa domates posası eklenerek hazırlanmış numuneden elde edilen ekstrüde ürünlerde, eklenen domates posası miktarı ile ekstrüde ürünlerin 'SEI' değerleri arasında negatif bir korelasyon gözlemlenmiştir. Bunun sebebi posanın seyreltici etkisi olarak düşünülmüştür (Altan vd., 2008a). Aynı şekilde, Diaz vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada horozibiği çiçeği ve kuinoa ekleyerek elde ettikleri mısır ekstrüde ürünlerinin 'SEI' değerlerinde bir düşüş olduğu bildirilmiştir. Horozibiği çiçeği ve kuinoa içeriğiyle gelen protein, kül, lif ve yağın bu düşüşte etkisi olabileceği belirtilmiştir (Diaz vd., 2013).

Yarıçaptaki genişmeyi ifade eden 'SEI' değerlerinde gözlemlenen trend, hacimsel genişmeyi ifade eden 'VEI' değerlerinde de gözlemlenmiştir (Tablo 5). En yüksek 'VEI' değeri $8,289 \pm 0,343$ ile enginar yaprağı tozu eklenmemiş üründe elde edilirken, eklenen enginar yaprağı tozu miktarı arttıkça hacimsel genişmede düşüş gözlemlenmiştir (Tablo 5).

Gözeneklilik değerlerinde de en yüksek değer $0,878 \pm 0,006$ ile enginar yaprağı tozu eklenmemiş kontrol ürününde gözlemlenmiştir. Eklenen enginar yaprağı tozu miktarı arttıkça gözeneklilik değerlerinde düşüş gözlemlenmiştir. Kuru bazda %3 oranında enginar yaprağı tozu eklenerek elde edilmiş buğday ekstrüdelinin gözeneklilik oranı, $0,858 \pm 0,028$ değeriyle, istatistiksel olarak hem enginar yaprağı tozu eklenmeden elde edilmiş ekstrüde ürünün gözeneklilik değeriyle, hem de kuru bazda %6 oranında enginar yaprağı tozu eklenerek elde edilmiş ekstrüde ürünün gözeneklilik değeriyle benzerlik göstermiştir (Tablo 5).

'SEI', 'VEI' ve gözeneklilik değerleri genişme miktarları hakkında bilgi verdikleri için paralel sonuçlar elde etmek beklenen bir sonuçtur. Moraru ve Kokini'nin (2003) çalışmasında açıklandığı üzere, maruz kaldıkları basınç farkıyla şişme eğilimi gösteren gaz hücreleri eklenen lif içeriğiyle en yüksek kapasitelerine ulaşmadan büyümeyi durduruyorlar (Moraru ve Kokini, 2003). Bu çalışmada da ekstrüde ürünlerin genişme özelliklerinde gözlemlenen düşüşün sebebi enginar yaprağı tozu içeriğiyle gelen lif olarak açıklanabilir.

Yığın yoğunluğu değerleri de ekstrüde ürünlerin genişme özellikleri hakkında bilgi verir (Yadav vb., 2015). Bu çalışmada elde edilen ekstrüde ürünlerin yığın yoğunluğu değerlerine bakıldığında istatistiksel farklılıklar gözlemlenmiştir ve trend 'SEI' ve 'VEI' değerlerinde gözlemlenenin tersi yönündedir. Kontrol ürünü olan enginar yaprağı tozu eklenmemiş üründe $0,179 \pm 0,002$ (g/cm³) ile en düşük yığın yoğunluğu değeri gözlemlenmiştir. Eklenen enginar yaprağı tozu miktarı arttıkça ekstrüde ürünlerin yığın yoğunluğu değerleri istatistiksel fark göstererek artmıştır (Tablo 5). Eklenen enginar yaprağı tozuyla gelen lif içeriğinden ötürü ekstrüde ürünlerde gözlemlenen genişme miktarlarındaki düşüş yığın yoğunluğu değerlerindeki artışın sebebidir. Daha az şişen ürünün yığın yoğunluğu değerlerinin daha yüksek olması beklenen bir durumdur. Birçok çalışmada da benzeri sonuçlar elde edilmiştir (Yağcı ve Göğüş, 2008; Selani, 2014).

Tablo 5: Değişik oranlarda enginar yaprağı tozu eklenmiş ürünlerin fiziksel özellikleri

% Enginar Yaprığı Tozu	VEI	SEI	Gözeneklilik	Yığın Yoğunluğu (g/cm ³)
Kontrol	8,289 ± 0,343 ^a	14,11 ± 0,97 ^a	0,878 ± 0,006 ^a	0,179 ± 0,002 ^c
% 3	7,318 ± 1,484 ^b	7,52 ± 0,05 ^b	0,858 ± 0,028 ^{ab}	0,210 ± 0,029 ^{bc}
% 6	6,396 ± 1,754 ^c	6,01 ± 0,31 ^c	0,837 ± 0,044 ^b	0,244 ± 0,045 ^b
% 9	4,229 ± 0,610 ^d	4,08 ± 1,22 ^d	0,759 ± 0,033 ^c	0,374 ± 0,103 ^a

Sonuçlar SEI için ortalama ± SS (n = 50); Yığın yoğunluğu, VEI, ve Gözeneklilik için ortalama ± SS (n=10); aynı kolondaki farklı harflendirilmiş sonuçlar (a,b,c,d) istatistiki olarak farklıdır (p≤0.05).

Ekstrüdelere lifli içerik eklenmesiyle ilgili çok fazla çalışma bulunmaktadır (Chang vd., 1998; Yanniotis vd., 2007; Altan vd., 2008a; Altan vd., 2008b; Brennan vd., 2008). Chang ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada (1998) jatobá ununa tapyoka (cassava) nişastası katılmıştır. Üründeki genleşmenin azalması, lifli içeriğin artması (jatobá yoğunluğunun artmasıyla), nem ve oluklardaki sıcaklıkla ilişkilendirilmiştir (Chang vd., 1998). Bununla birlikte, Altan'ın ve vd.'nin yapmış olduğu çalışmada (2008b) arpa- üzüm posası karışımı kullanılmış. Bu çalışmada üzüm oranının posa içerisinde artmasıyla yığın yoğunluğunun artmasının lifli yapının beslemede artmasıyla ilişkilendirilebileceği belirtilmiştir (Altan vd., 2008b).

4.3 Su Emme ve Suda Çözünürlük İndisleri (WAI, WSI)

Su emme indisi, nişasta polimerinin kapladığı hacim olarak tanımlanarak jelatinizasyon indikatörü olarak kullanılabilir. Suda çözünme kapasitesi ise ekstrüzyon sonrası nişasta bileşeninden salınan çözünen polisakkarit miktarı olarak ifade edilebilir (Gui ve Ryu, 2014a). Soğan kabuğu tozu eklenmiş ürünlerde, kontrol ürünleri ve soğan kabuğu tozu eklenmiş ürünler arasında su emme kapasitesi ve sudan çözünme kapasitesi açısından istatistiki olarak fark gözlemlenmemiştir (Tablo 6). Çözünen lif miktarının artması WSI'nin yüksek çıkmasını gerektirdiği halde burada farkın gözlemlenmemesinin sebebi lif miktarlarının az

olmasından kaynaklanıyor olabilir. En yüksek %9 oranda eklenen soğan kabuğu tozunda bile fark yaratmayacak kadar lif olmasından kaynaklı olabilir.

Tablo 6: Değişik oranlarda soğan kabuğu tozu eklenmiş ürünlerin su emme özellikleri

% Soğan kabuğu tozu	WAI (g.g⁻¹)	WSI (%)
Kontrol	2,97 ± 0,24 ^a	40,54 ± 3,37 ^a
% 3	2,69 ± 0,15 ^a	43,17 ± 2,82 ^a
% 6	2,75 ± 0,18 ^a	42,36 ± 1,62 ^a
% 9	2,66 ± 0,20 ^a	44,43 ± 1,44 ^a

Sonuçlar ortalama ± SS (n=6); aynı kolondaki farklı harflendirilmiş sonuçlar (a,b,c) istatistik olarak farklıdır (p≤0.05).

Kuru bazda %3 ve %6 oranlarında enginar yaprağı tozu eklenmiş ekstrüde ürünlerin su emme indisleri hem enginar yaprağı tozu eklenmeden elde edilmiş ekstrüde ürünün su emme indisine, hem de kuru bazda %9 oranında enginar yaprağı tozu eklenmiş ekstrüde ürünün su emme indisine benzerlik gösterirken; enginar yaprağı tozu eklenmeden elde edilmiş ekstrüde ürünün su emme indisine, kuru bazda %9 oranında enginar yaprağı tozu eklenmiş ekstrüde ürünün su emme indisi istatistiksel olarak fark göstermiştir (Tablo 7). Enginar yaprağı tozu eklenmeden elde edilmiş buğday ekstrüdesinin su emme indisi 3,96 ± 0,03 (g.g⁻¹) iken, enginar yaprağı tozu eklenince su emme indisi düşüş göstermiş ve kuru bazda %9 oranında enginar yaprağı tozu eklenmiş buğday ekstrüdesinin su emme indisi 3,63 ± 0,01 (g.g⁻¹) olarak hesaplanmıştır. Bu düşüşün sebebi eklenen enginar yaprağı tozuyla ortamda su tutma kapasitesi yüksek organik maddelerin seyrelmesi olabilir. Benzeri sonuçlar başka çalışmalarda da elde edilmiştir (Singh vd., 2007; Yağcı ve Göğüş, 2008). Kısmen yağı alınmış fındık unu (PDFH) kullanılarak elde edilmiş pirinç irmiği ekstrüdeleleriyle ilgili 2008 yılında Yağcı ve Göğüş'ün yaptığı çalışmada ekstrüde ürünlerin 'WAI' değerleri incelenmiştir. Çalışmada bildirildiği üzere çalışma aralıklarında kullanılan 'PDFH' miktarı arttıkça 'WAI' değerlerinde düşüş gözlemlenmiştir. Bunun sebebi olarak fonksiyonel ürün eklenmesiyle nişastanın ortamda seyrekleşmiş olması düşünülmüştür (Yağcı ve Göğüş, 2008). Aynı açıklama; bezelye ekleyerek elde ettikleri pirinç ekstrüdelelerinde 'WAI' değerlerinde gözlemlenen düşüş sonucu Singh ve arkadaşları tarafından da yapılmıştır (Singh vd., 2007).

Suda çözünübilirlik değerini ifade eden 'WSI', ekstrüzyon işleminin etkisiyle büyük moleküllerin suda parçalanma oranı hakkında bilgi vermektedir. Yapılan çalışmada enginar yaprağı tozu eklemenin suda çözünübilirlik indisinde istatistiksel bir fark yaratmadığı

gözlemlenmiştir (Tablo 7). Belli bir konsantrasyonun üzerinde lif besleme numunesinin elastik yapısını bozarak ekstrüderin içinde oluşan hamurun sürekli yapısını bozmaktadır (Moraru ve Kokini, 2003). Lif eklenmesi durumunda, ekstrüzyon işlemi esnasında nişasta granüllerinin ve küçük moleküllerin dağılmasıyla çözünebilir maddeler artar ve bunun sonucunda da 'WSI' değerleri yükselir (Yağcı ve Göğüş, 2008). Yapılan çalışmada eklenen enginar yaprağı tozunu bu olaya sebep verecek kritik seviyede olmadığından 'WSI' değerlerinde istatistiksel bir değişim gözlemlenmemiş olabilir.

Tablo 7: Değişik oranlarda enginar yaprağı tozu eklenmiş ürünlerin su emme özellikleri

% Enginar Yaprığı Tozu	WAI (g.g ⁻¹)	WSI (%)
Kontrol	3,96 ± 0,03 ^a	24,05 ± 0,93 ^a
% 3	3,87 ± 0,18 ^{ab}	23,85 ± 2,39 ^a
% 6	3,70 ± 0,05 ^{ab}	26,08 ± 2,56 ^a
% 9	3,63 ± 0,01 ^b	24,01 ± 0,99 ^a

Sonuçlar ortalama ± SS (n=6); aynı kolondaki farklı harflendirilmiş sonuçlar (a,b,c) istatistiksel olarak farklıdır (p≤0.05).

Numunelerin lifli yapı eklenmesi sonrasındaki WAI ve WSI değerlerini araştıran pek çok çalışma bulunmaktadır (Jin vd., 1995; Chang vd., 1998; Altan vd., 2008a; Altan vd., 2008b; Stojceska vd., 2008a). Artz ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada (1990) beslemeye lifli yapı eklenmenin, ekstrüderin su tutma kapasitesini etkilediği gözlemlenmiştir. Lifli içerik arttıkça, su tutma kapasitesinde azalma gözlemlenmiştir. Bu duruma jelatinize olmuş olan mısır nişastasının su tutma kapasitesinin yarı-selüloz ve selüloza göre daha büyük olmasının sebep olabileceği belirtilmiştir. Jin ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmaya göre (1995), mısırdan hazırlanan beslemenin içerisine 0% ve 20% arasında lifli yapı konulduğunda su emme indeksi (WAI) değerinin daha düşük olduğu, suda çözünülebilirlik indeksi (WSI) değerinin daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Ancak, bu orandan fazla lifli yapı eklenmesi, WAI ve WSI'deki değişimlerin tersi yönde olduğunu göstermiştir. Altan ve arkadaşları yaptıkları (2008a) arpa - domates posası karışımı çalışmasında, domates posasının içeriğinin artışıyla WAI değerindeki düşüş olduğunu belirtmişlerdir. Bu durumun, nişasta içeriğinin düşmesi ve su emilimi için domates posası ve nişasta arasında çekişme olmasıyla ilişkisi olabileceği belirtilmiştir. Stojceska ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada (2008a) beslemeye 5%- 10%- 15%- 20% oranlarında karnabahar eklenmesiyle WAI'de anlamlandırılabilir bir artış olduğu, WSI'de anlamlandırılabilir bir değişim olmadığı belirtilmiştir. Chang ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada (1998), yüksek nemde jatobá ununun manyok (cassava) içerisinde artmasıyla WAI değerlerinin artışı, WSI değerlerinin azaldığı belirtilmiştir. Protein denatüresi, nişasta jelatanizasyonu, liflerin şişmesi ve ekstrüzyon sırasında yapıların yıkılıp

suyun nüfuz edebileceği boşluklar oluşması WAI değerinin artmasıyla ilişkilendirilebileceği belirtilmiştir. Bunlarla beraber, lifli yapının şişme kapasitesindeki ve numunedeki jelatanize olmuş nişastanın yüzdesindeki artışın daha yüksek su emmesine katkıda bulunabileceğinden bahsedilmiştir.

Jelatinizasyon derecesinin, WAI ve WSI değerlerini etkilediğinden bahsedilmektedir (Jin vd.,1995). Jelatinizasyon, nişasta olmayan polisakkarit içeriklerden de etkilenmektedir. Yanniotis vd. (2007)'nin yaptığı açıklamada nişasta granüllerinin amorf fazındayken suyun yumuşatıcı etkisinden ve hidrojen bağlarının yıkımının ilerlediğinden bahsedilmiş, bunun sonucunda yeni hidrojen bağlarının oluştuğunu bu bağların kendisi ve nişasta bağları arasında oluştuğunu belirtmiştir. Diğer bir yandan, pektinin hidratlama özelliği vardır, bu yüzden aralarında bir çekişme olmakta ve jelatanizasyonu sınırlamaktadır.

4.4 Tekstür Analizi

Müşteri memnuniyeti ve tercih edebilirliği açısından ürünün tekstür karakteristik özellikleri dikkate alınması gereken parametrelerdendir. Ürünü kırmak için gereken maksimum stres uygulanan kuvvet ve ürünün boyutlarına göre değişir. Maximum stres analizi için kontrol ve soğan kabuğu tozu eklenmiş ekstrüde ürünler, %5 nem oranına sahip olana kadar kurutulmuştur. Soğan kabuğu eklenen örnekler, soğan kabuğu tozu eklenmemiş örneklere göre maksimum stres açısından istatistiki fark göstermişlerdir (Tablo 8). Soğan kabuğu tozu miktarı artışı ekstrüde örneklerin maksimum stres değerlerinin artmasına sebep olmuşlardır.

Kontrol örneklerine lif eklemek genellikle lifin suyu tutması sebebiyle genişleme indisi az olan ürünlerin elde edilmesine yol açar. Bu durum ürünün yoğunluğunu arttıracak gibi ürünlerin sertlik analizlerini de arttırmaktadır (Brennan vd., 2008). Bu şekilde sonuçlanmış birçok çalışma bulunmaktadır (Brennan vd., 2008) (Dehghan-Shoar vd., 2010) (Singh vd., 2016). Buna rağmen lif eklemenin ürünlerin sertliğini azalttığı çalışmalar da bulunmaktadır. Kültür mantarının yan ürünleri ile yapılan çalışmada %5 ve %10 oranlarında eklenen kültür mantarı yan ürünün kontrol örneğine göre sertliği azaldığı gözlemlenmiştir (Brennan, vd., 2012).

Tablo 8: Değişik oranlarda soğan kabuğu tozu eklenmiş ürünlerin tekstür özellikleri

% Soğan kabuğu tozu	Maksimum Stres (MPa)
Kontrol	0,67 ± 0,20 ^c
% 3	0,74 ± 0,12 ^{bc}
% 6	0,78 ± 0,05 ^b
% 9	0,95 ± 0,10 ^a

Sonuçlar ortalama ± SS (n=25); aynı kolondaki farklı harflendirilmiş sonuçlar (a,b,c) istatistiki olarak farklıdır (p≤0.05).

Enginar yaprağı tozu çalışması için örneklerin nem oranları maksimum stres değerlerini etkileyebileceğinden, ürünlerin nem oranları kurutma işlemiyle tüm numuneler için 6-7% değerlerine indirilmiştir. Nem oranı etkisi ortadan kaldırılan örneklerin maksimum stres değerleri 0,39 MPa ile 2,17 MPa arasında değişim göstermiştir (Tablo 9). Maksimum stres değeri en yüksek ürün %9 enginar yaprağı tozu eklenen üründe gözlemlenmiş ve enginar yaprağı tozu eklemenin maksimum stres değerlerini arttırdığı gözlemlenmiştir (Tablo 9). Farklı hammaddeler kullanılan ve benzeri sonuçlar elde edilen çalışmalar mevcuttur.

Bu bilgiler ışığında, eklenen enginar yaprağı tozuyla buğday ekstrüdelelerinin maksimum stres değerlerinde gözlemlenen artış, ürünün mikroyapısında gerçekleşen değişimden kaynaklanıyor olabilir.

Tablo 9: Değişik oranlarda enginar yaprağı tozu eklenmiş ürünlerin tekstür özellikleri

% Enginar Yaprığı Tozu	Maksimum Stres (MPa)
Kontrol	0,39 ± 0,08 ^d
% 3	0,95 ± 0,18 ^c
% 6	1,25 ± 0,20 ^b
% 9	2,17 ± 0,38 ^a

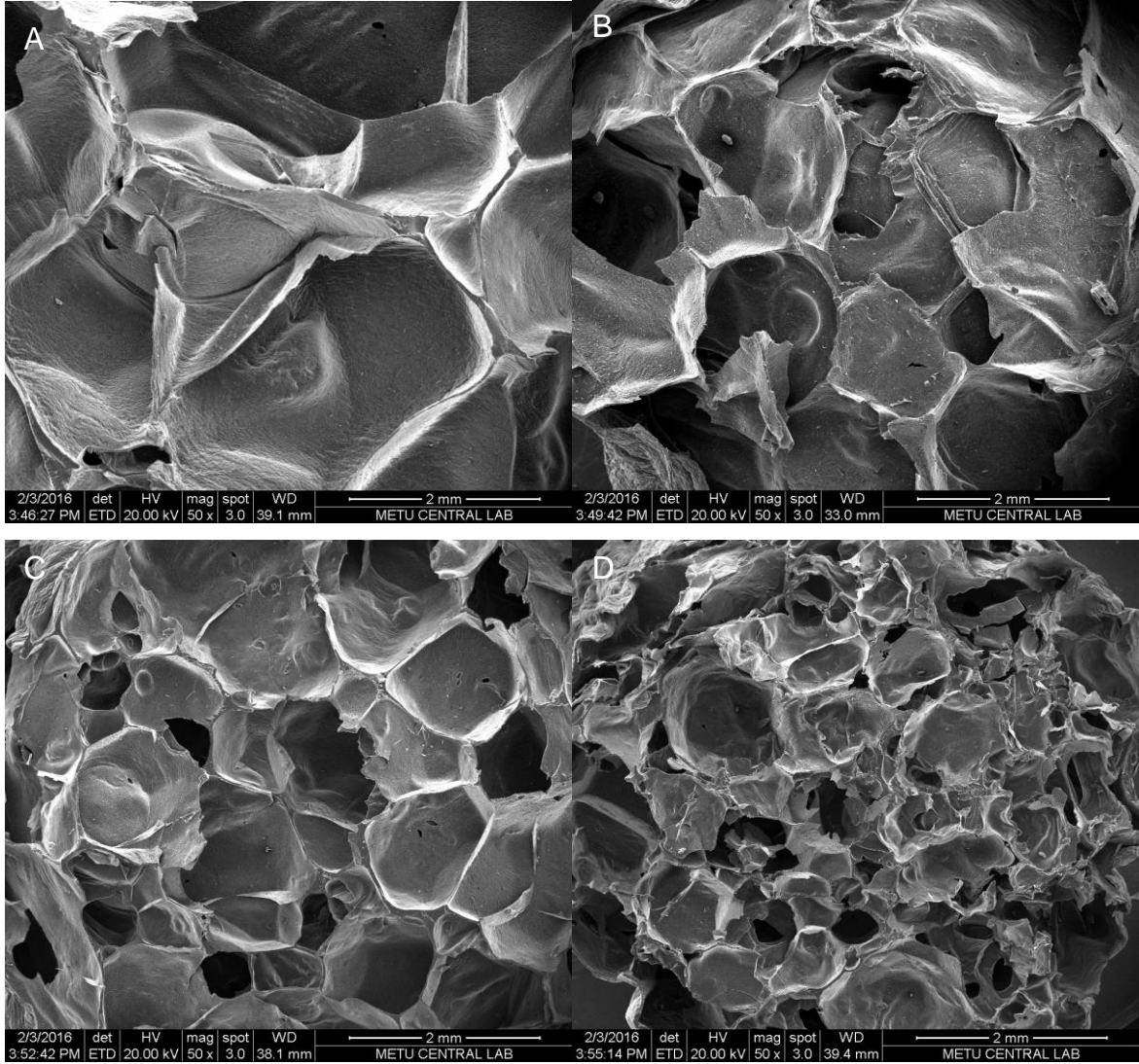
Sonuçlar ortalama ± SS (n=50); aynı kolondaki farklı harflendirilmiş sonuçlar (a,b,c) istatistiki olarak farklıdır (p≤0.05).

Araştırmalara göre, ekstrüde ürünlere çözünebilen çözünemeyen liflerin beslemeye eklenmesiyle değişik sonuçlar oluşmuştur (Yanniotis vd., 2007; Stojceska vd., 2008a; Brennan vd., 2008). Yanniotis ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada (2007), çözünmeyen lif yapısı olan buğday lifi içeriğinin artmasıyla sertlik değerleri artmış, gözeneklilik değerleri azalmıştır. Mısır nişastasından yapılan beslemenin içine pektin eklendiğinde, sertlik değerinin azaldığı, gözeneklilik değerlerinin artışı gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, hücre duvarı

kalınlığıyla ilişkilendirilebileceğinden bahsedilmiş, daha az gözenekli matrikse sahip olan liflerin hücre duvarı kalınlaşmasına ve daha sert ekstrüdeleler üretilmesine sebep olduğu belirtilmiştir. Brennan ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada (2008) kepek içeriği artışı olan ekstrüdelelerin, kontrol numunesine göre daha yüksek sertlik değerlerine sahip oldukları görülmüş, bunun lif içeriğinin artışıyla ilişkili olabileceği belirtilmiştir. İnülin eklenmiş ekstrüdelelerin, kontrol numunesine göre karşılaştırılmasında daha az sertlik değerlerine sahip olduğu belirtilmiş, hi-maize, guar gum ve swede lifi – buğday karışımlarında ise kontrol numunesiyle anlamlandırılacak bir fark görülmemiştir.

4.5 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Görüntüleri

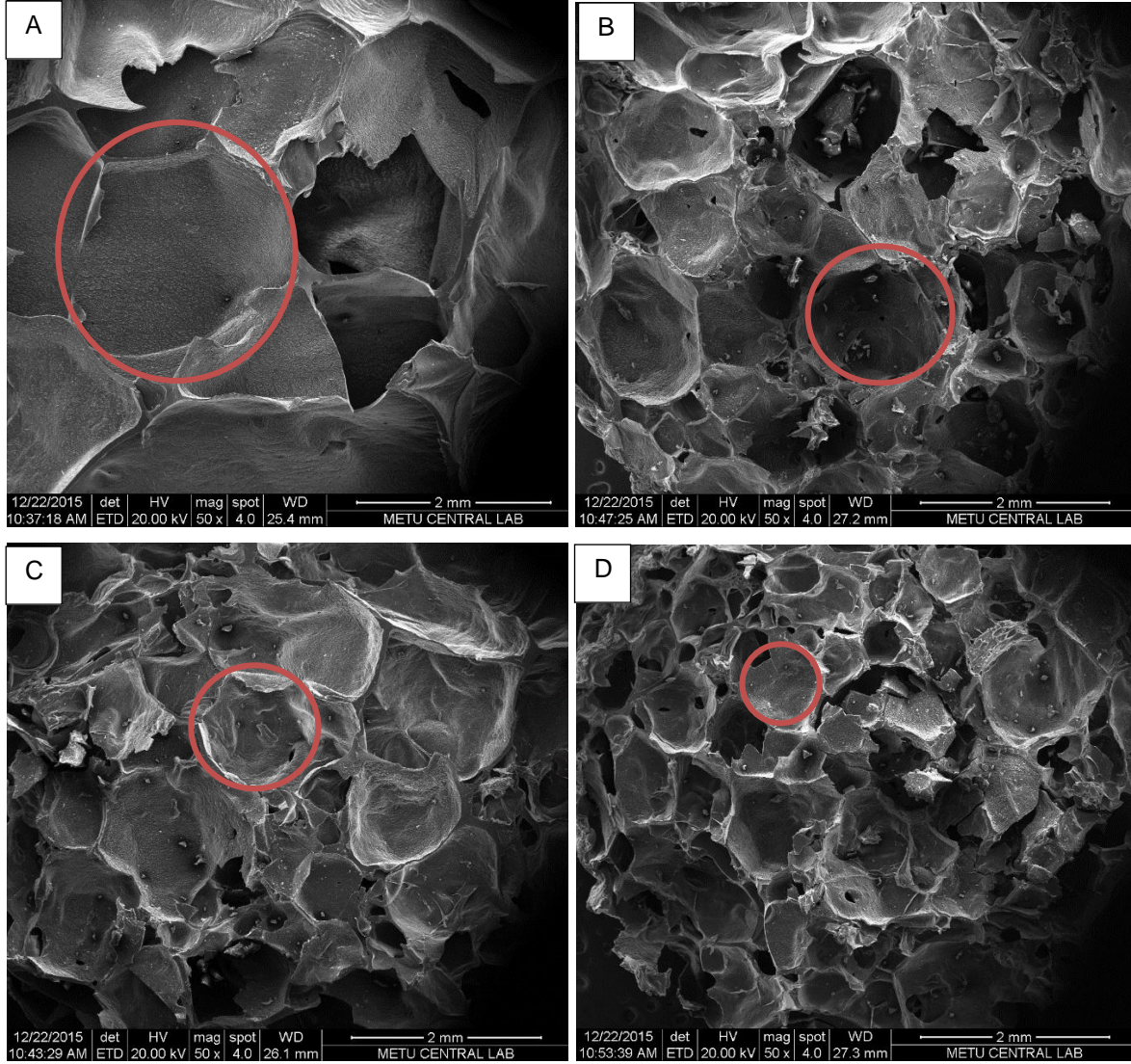
Kontrol ve soğan kabuğu tozu eklenerek yapılan ekstrüdelelerin gözenekliliklerini ve aralarında fark olup olmadığını incelemek için SEM analizi yapılmıştır (Şekil 1). Bu analiz sonuçlarındaki görüntülere bakılacak olursa soğan kabuğu tozunun ürünün gözenekliliğini etkilediği gözlemlenmiştir. Kontrol örneklerinde büyük gözenekler görülürken soğan kabuğu tozu eklenmiş ekstrüde örneklerde gözenek yapısının daha küçüldüğü görülmüştür. %9 oranında soğan kabuğu tozu eklenmiş üründe en çok hava kabarcığı gözeneği görülmektedir. Lif eklenmiş ürünlerde, lifin suyu tutması sebebiyle genişlemenin etkilendiği bilinmektedir ve bu durum SEM görüntülerine yansımaktadır. Aguilar-Palazuelos ve ark., 2007 nişasta ve farklı oranda lif ekleyerek yaptıkları ekstrüzyon çalışmasında nişasta moleküllerinin lif yapılarının etrafını sararak jelatinizasyon geçirdikleri ve lif bulunan ekstrüde ürünlerde hava kabarcığı gözeneklerinin ve duvar yapısının değiştiğini belirtmişlerdir.



Şekil 1: Taramalı electron mikroskobu kullanılarak elde edilmiş ekstrüde ürün imajları (50X büyütme) A. Kontrol ürünü (Soğan kabuğu tozu eklenmemiş) B. %3 oranında soğan kabuğu tozu eklenerek elde edilmiş ekstrüde ürün C. %6 oranında soğan kabuğu tozu eklenerek elde edilmiş ekstrüde ürün D. %9 oranında soğan kabuğu tozu eklenerek elde edilmiş ekstrüde ürün.

Enginar yaprağı tozu eklenmeden ve değişik oranlarda (kuru bazda %3,%6 ve %9) enginar yaprağı tozu eklenerek elde edilmiş ekstrüde ürünlerin gözeneklilik yapısı ürünlerden kesit alınıp, 'Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)' kullanılarak incelenmiştir. Aşağıdaki figürde (Şekil 2) gösterilen SEM görüntüleri 50 kat (50X) büyütme sağlayarak, pişerken ekstrüde ürünlerin içinde oluşan gaz hücrelerine (gözeneklere) daha yakından bakmamızı sağlamıştır. SEM imajlarından kolayca görülebileceği üzere, enginar yaprağı tozu eklenince, ve eklenen enginar yaprağı tozu miktarı artırıldıkça, buğday ekstrüdelelerinin gözeneklerinin sayısı artmış, boyutları küçülmüştür. Bu imajlar, formüller kullanılarak hesaplanmış genişleme değerlerinde elde edilen sonuçlara görsel kanıt oluşturmaktadır. Maruz kaldıkları basınç farkıyla şişme eğilimi gösteren gaz hücreleri eklenen lif içeriğiyle en yüksek kapasitelerine ulaşmadan

büyümei durdurmaktadırlar (Moraru ve Kokini, 2003). SEM imajlarında gözlemlenen gözenek boyutlarındaki düşüş eklenen enginar yaprağı tozu içeriğiyle gelen lif olarak açıklanabilir.



Şekil 2: Taramalı electron mikroskobu kullanılarak elde edilmiş ekstrüde ürün imajları (50X büyütme) A. Kontrol ürünü (Enginar yaprağı tozu eklenmemiş) B. %3 oranında enginar yaprağı tozu eklenerek elde edilmiş ekstrüde ürün C. %6 oranında enginar yaprağı tozu eklenerek elde edilmiş ekstrüde ürün D. %9 oranında enginar yaprağı tozu eklenerek elde edilmiş ekstrüde ürün.

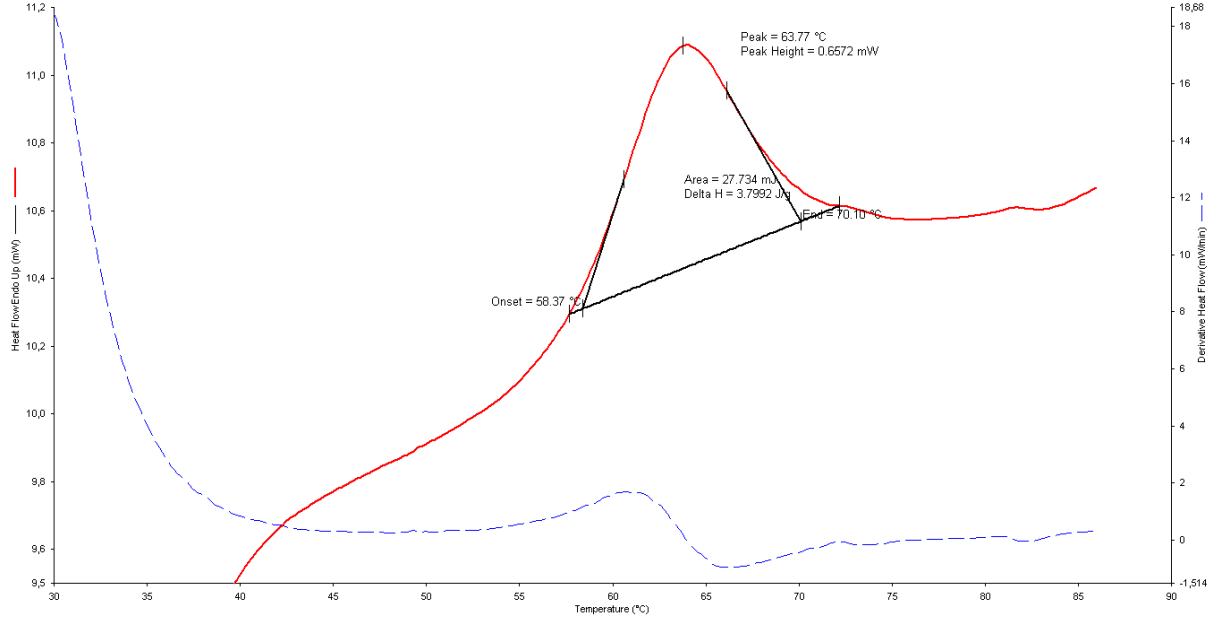
4.6 Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC) ile Jelatinizasyon

Ekstrüzyonun soğan kabuğu tozu eklenmiş ve eklenmemiş ürünler üzerinde nişasta jelatinizasyonuna etkisini görmek amacıyla diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) kullanılmıştır. Jelatinizasyon, yüksek sıcaklıkta, nişastanın su bulunan ortamda geçirdiği bir geri dönüşümsüz faz dönüşümüdür. Nişasta granüllerinin içine nüfus eden su, granüllerin

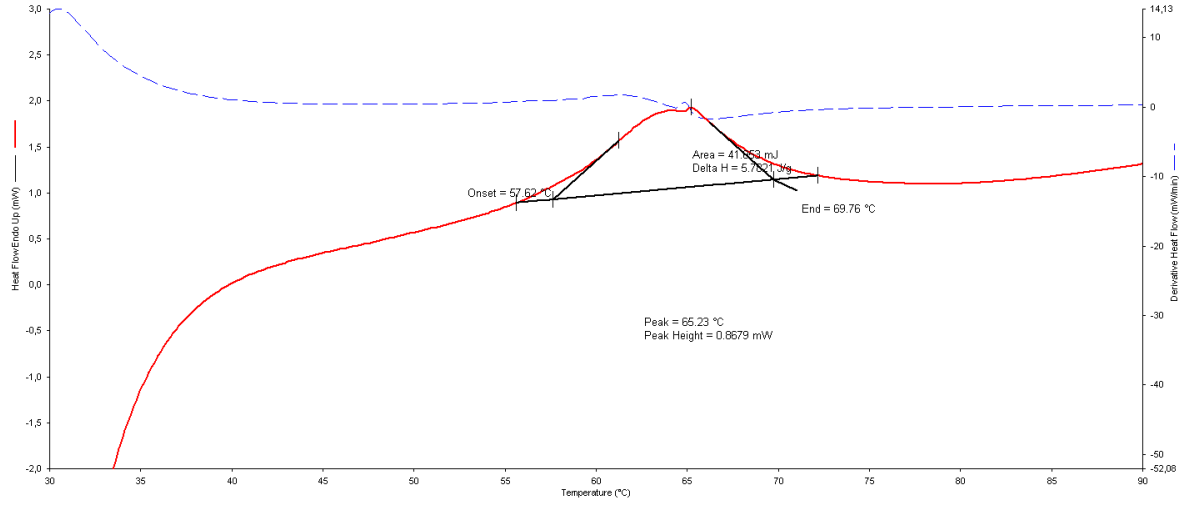
şişmesine ve belirli noktadan sonra bu granüllerin patlamasına sebep olur. Artık kristal yapısı bozulmuş olan nişasta moleküllerinin patlamasıyla, vizkozite artar. Vizkozitenin bir anda arttığı bu sıcaklık jelatinizasyon sıcaklığıdır (Wang & Copeland, 2013). Jelatinizasyon çalışmalarında, nişastanın içerisindeki amiloz ve amilopektin oranlarının jelatinizasyon sıcaklığını etkilediği görülmüştür; bununla birlikte buğday ununun jelatinizasyon sıcaklığı genellikle 60-65°C civarındadır (Robin, Théoduloz, & Srichuwong, 2015) (Schirmer, Jekle, & Becker, 2015).

Kontrol besleme örneği ve farklı oranlarda soğan kabuğu tozu eklenmiş besleme örnekleri jelatinizasyon açısından incelendiğinde, termogramlarda beklenen üzere 60 °C civarı jelatinizasyon tepeleri görülmektedir (Şekil 3-6). Ekstrüzyon sonrası örneklerde ise bu tepeler kaybolmuştur(Şekil 7-10). 150 °C de çalışılan ekstrüzyonda, besleme ürünleri ekstrüzyon sırasında jelatinizasyona uğrayarak son ürün halini almış olup, DSC termogramlarında artık jelatinizasyona uğrayamayacakları için tepe vermemiş olmaları doğaldır. Tepe görünmüyor olması, ekstrüzyon sırasında beslemedeki nişasta moleküllerinin büyük bir kısmının jelatinizasyonun tamamlandığı sonucunu destekler niteliktedir.

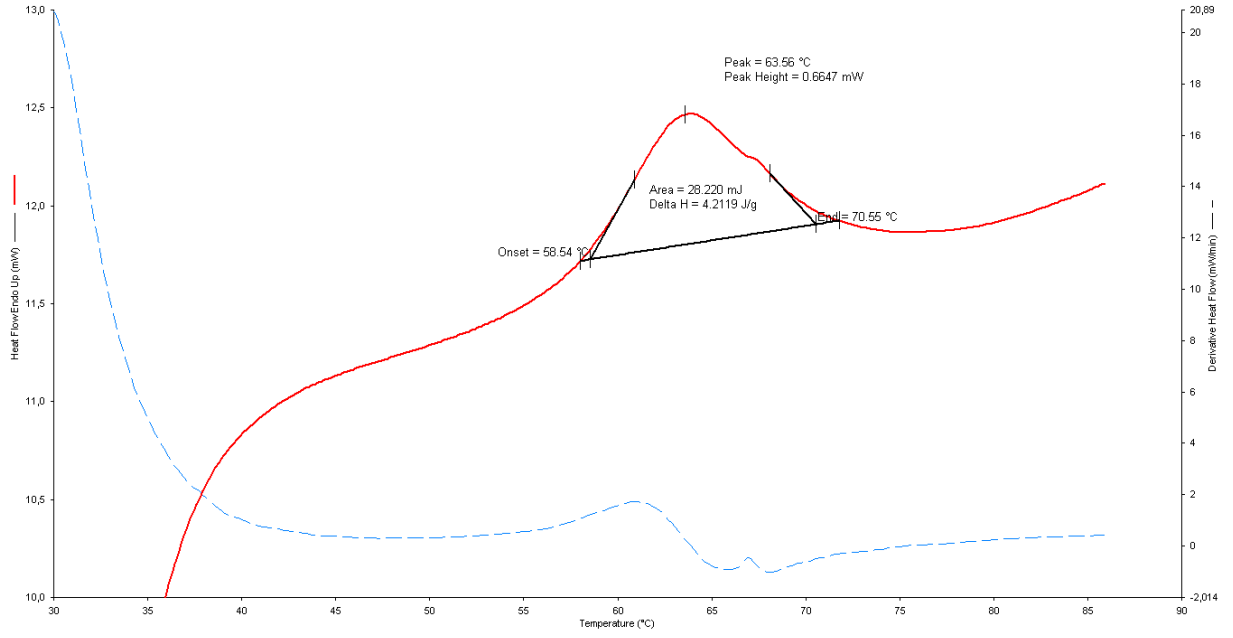
Buğday, sorgum, darı gibi farklı un çeşitleri ve bu unların ekstrüde örnekleri ile çalışıldığı bir araştırmada, un örneklerinde gözlenen jelatinizasyon tepeleri, ekstrüzyon sonrası alınan ürünlerde görülmemiştir (Robin vd., 2015). Arpa, domates posası eklenmiş arpa ve üzüm posası eklenmiş arpa karışımları ve bunların ekstrüde örnekleri ile yapılan DSC termogramlarında da aynı sonuca varılmıştır; ekstrüzyon öncesi besleme örneklerinde çıkan jelatinizasyon tepeleri, ekstrüde örneklerde çıkmamıştır (Altan, McCarthy, & Maskan, 2009a). Fasulye unları ile yapılan çalışmada ise ekstrüzyonun nişasta jelatinizasyonun tamamının olmasını sağladığı belirtilmiştir (Ai, vd., 2016).



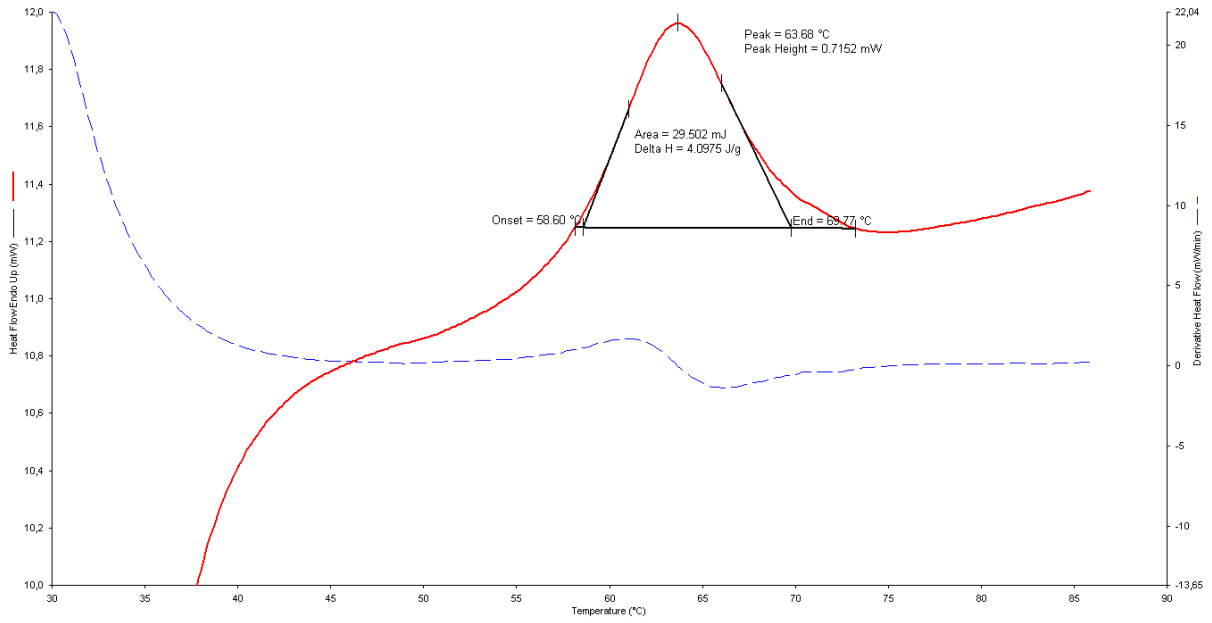
Şekil 3: Soğan kabuğu tozu eklenmeden hazırlanmış buğday ununun DSC grafiği



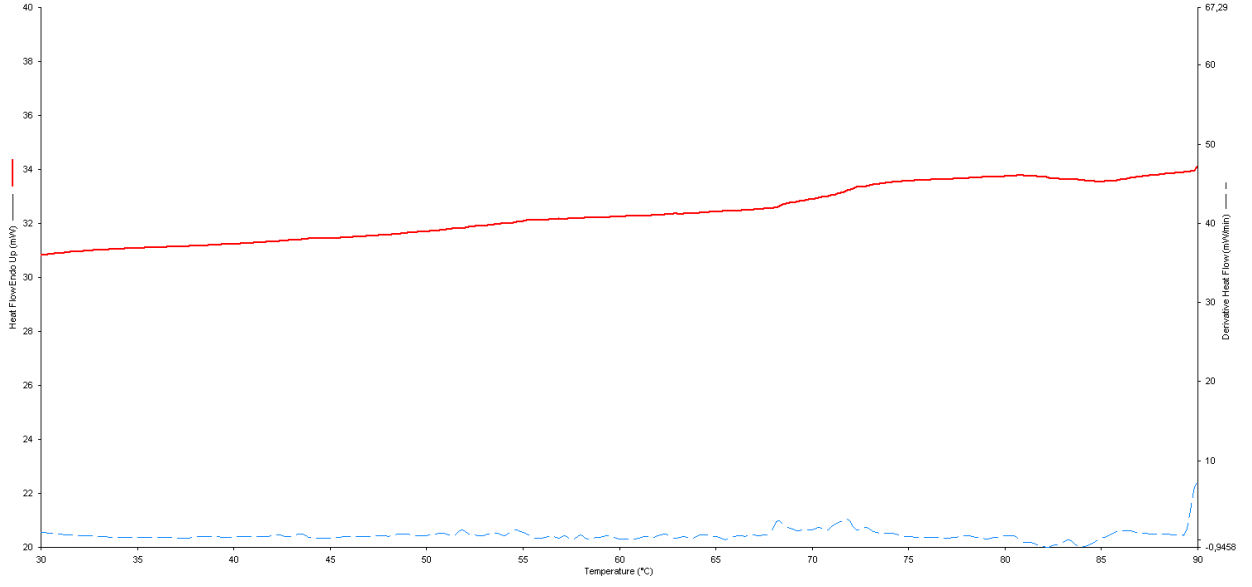
Şekil 4: %3 oranında soğan kabuğu tozu eklenerek hazırlanmış buğday unu karışımı



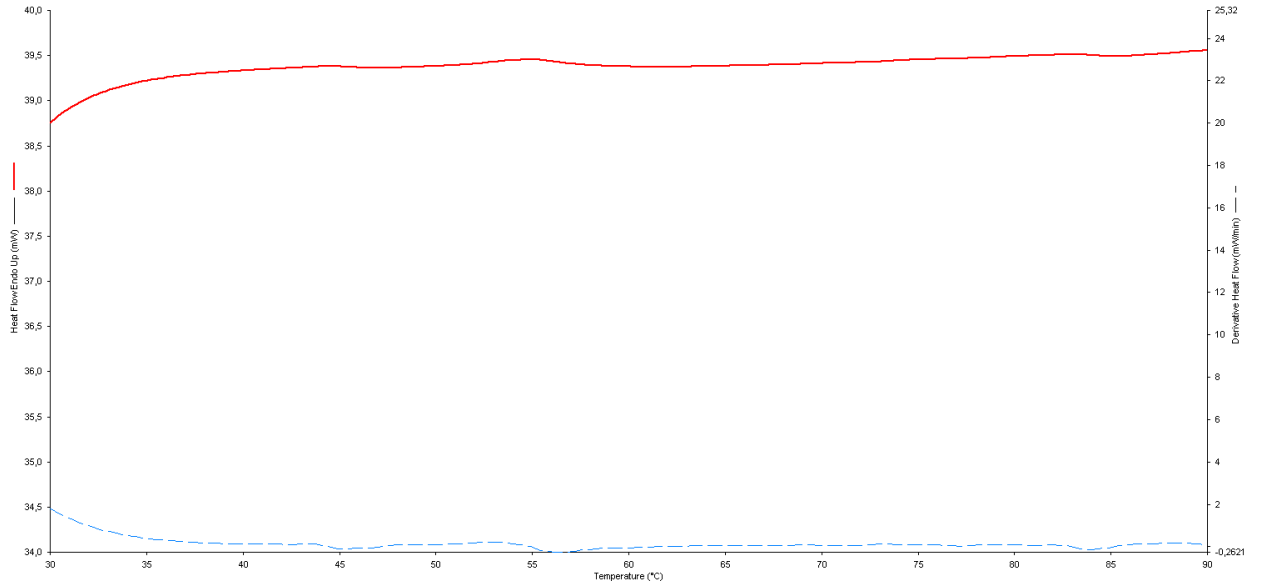
Şekil 5: %6 oranında soğan kabuğu tozu eklenerek hazırlanmış buğday unu karışımı



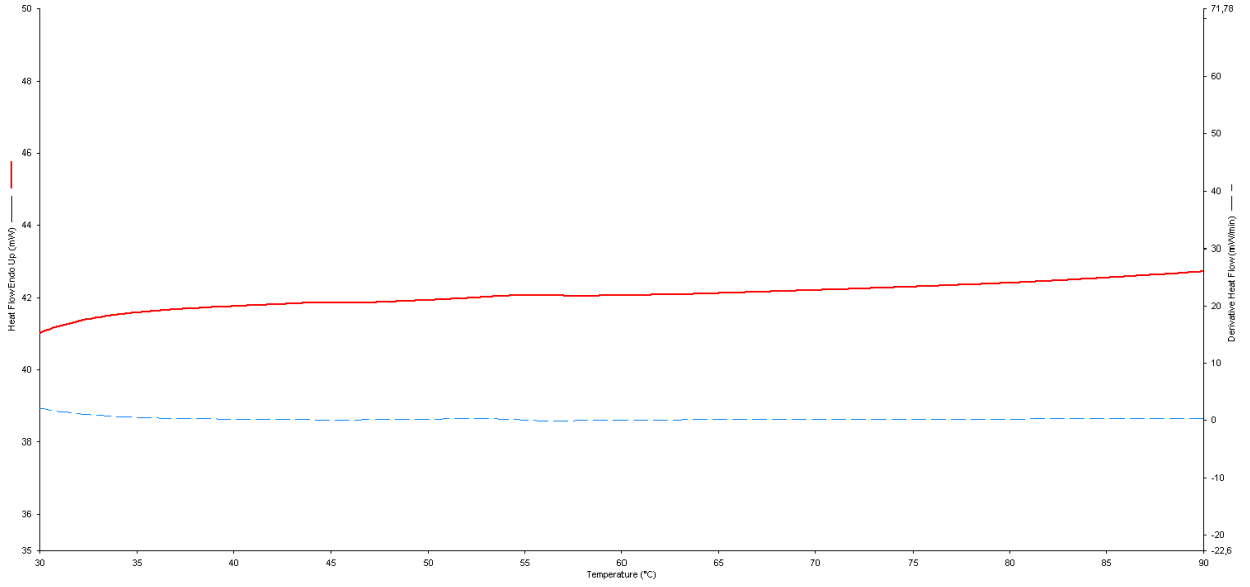
Şekil 6: %9 oranında soğan kabuğu tozu eklenerek hazırlanmış buğday unu karışımı



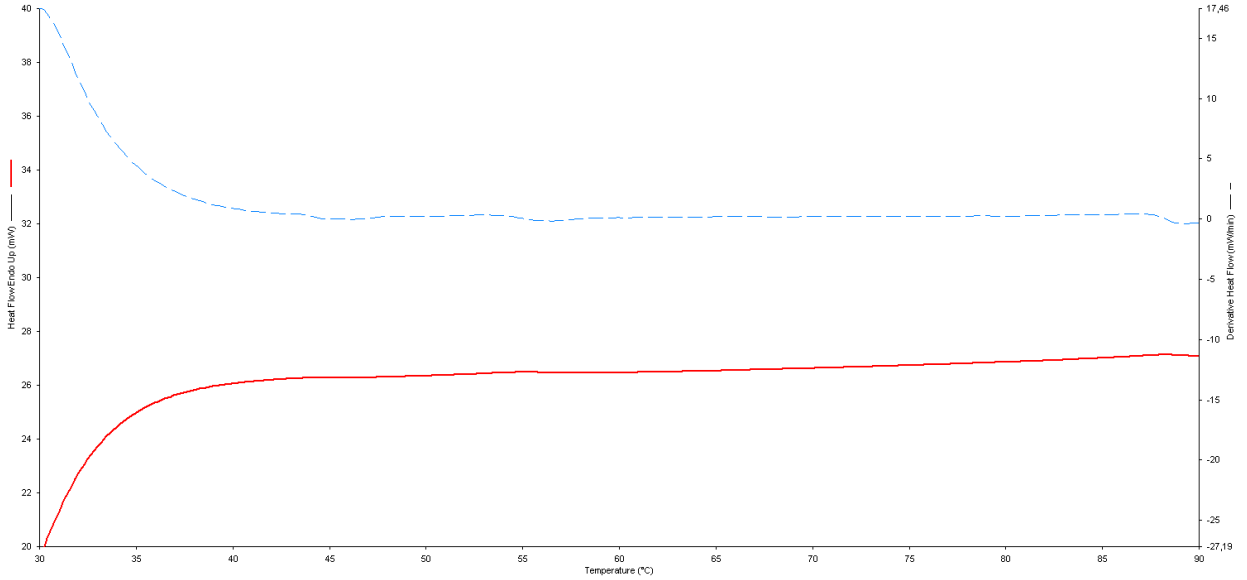
Şekil 7: Soğan kabuğu tozu eklenmeden elde edilmiş buğday ekstrüdesinin DSC grafiği



Şekil 8: %3 oranında soğan kabuğu tozu eklenerek hazırlanmış buğday unu karışımı



Şekil 9: %6 oranında soğan kabuğu tozu eklenerek hazırlanmış buğday unu karışımı

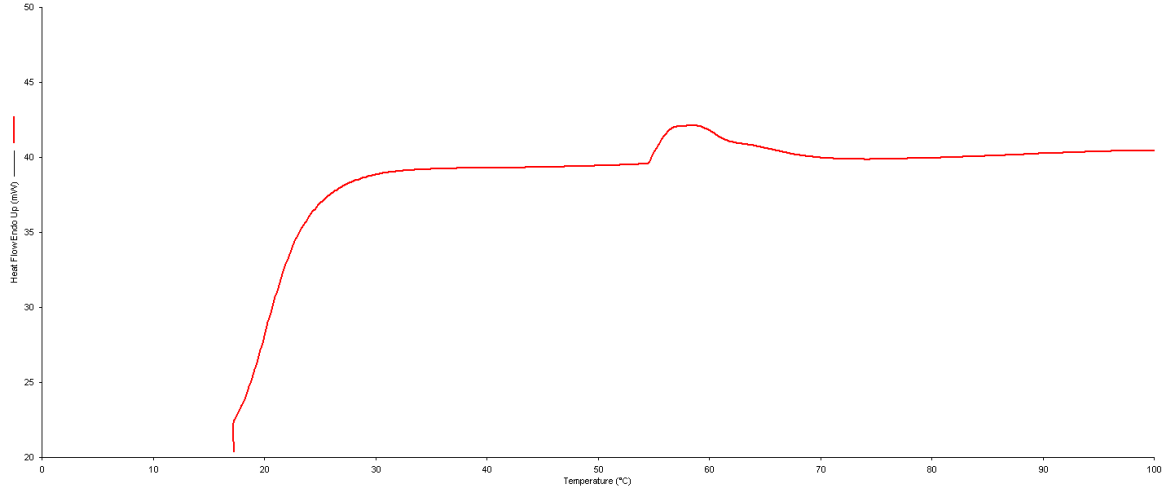


Şekil 10: %9 oranında soğan kabuğu tozu eklenerek hazırlanmış buğday unu karışımı

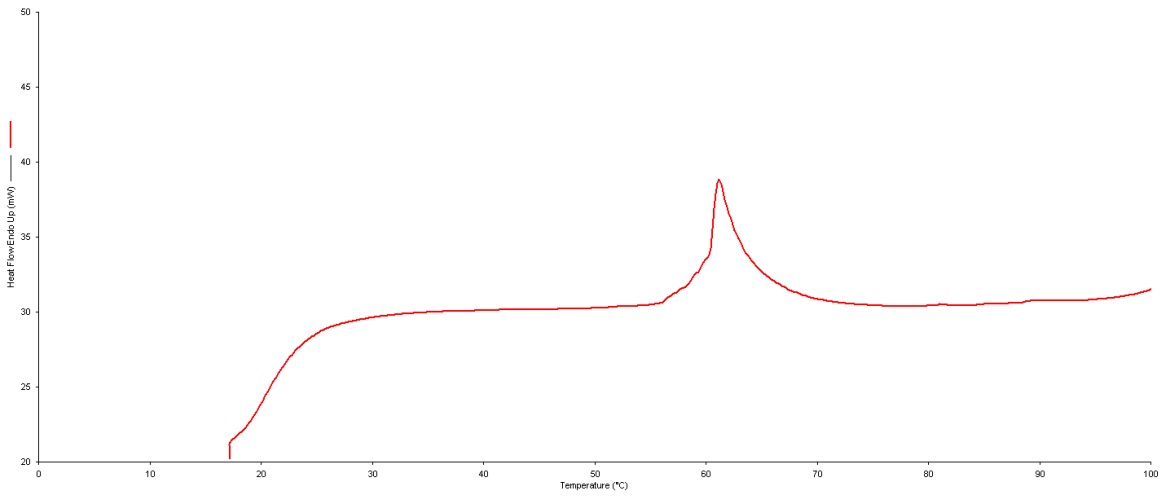
Ahmadi-Abrahi ve arkadaşları (2011), makalelerinde, buğday nişastası jelatinizasyonunun, 55 ve 77°C'ler arasında, iki aşamada gerçekleştiğinden bahsetmiştir. Birinci aşama, 55°C'de bulamaçlaşma ile başlar. Ardından, 60 ve 65°C arasında granüller kristal yapısını kaybedip daha fazla şişerler. İkinci aşamadaysa, vizkozitede bir anda gerçekleşen artışla jelatinizasyon gerçekleşmiş olur (Ahmadi-Abrahi vb., 2011). Bu çalışmada elde edilen sonuçlar da bu bilgiyle tutarlıdır.

Aşağıda, enginar yaprağı tozu eklenmeden ve değişik oranlarda (kuru bazda %3, %6, ve %9) enginar yaprağı tozu eklenerek elde edilmiş enginar yaprağı tozu-buğday unu karışımlarının, ve bunların besleme numunesi olarak kullanıldığı ekstrüzyon işleminde elde edilen buğday ekstrüdelelerinin DSC termogramları bulunmaktadır (Şekil 11-18). Besleme numunelerinin DSC termogramlarında, 60-70°C civarında endotermik bir jelatinizasyon tepesi gözlemlenirken, 150°C'de gerçekleştirilmiş ekstrüzyon işlemiyle elde edilen ekstrüde ürünlerin DSC termogramları herhangi bir tepe göstermemiş ve düz çıkmıştır. Paralel sonuçlar gözlemlenen çalışmalar mevcuttur (Lee vd., 1999; Aguilar-Palazuelos vd., 2012). Aguilar-Palazuelos ve diğerleri (2012), mısır ile yaptıkları çalışmada, besleme numunesinin DSC termogramlarında 62-80°C arası gözlemledikleri endotermik jelatinizasyon tepesini, ekstrüzyon sonrası elde edilen ekstrüde ürünlerin DSC termogramlarında gözlemlemediklerini bildirmiştir (optimum koşullarda elde ettikleri sonuçlara göre). Bunu, jelatinizasyonun ekstrüzyon işlemi esnasında tamamlanmış olmasıyla ilişkilendirmişlerdir. Nişastanın jelatinizasyonu konusunda yayınladıkları makalede, Lee ve arkadaşları (1999), kritik sıcaklığın altında gerçekleşen ekstrüzyon işleminde elde edilen numunenin jelatinizasyon derecesinin yüksek olduğunu, ancak bu jelatinizasyon derecesinin işlem sıcaklığıyla bağlantılı olup, 80°C'de gerçekleşen ekstrüzyon işleminden elde edilen numune için daha az olduğunu bildirmişlerdir. Aynı çalışmada, 90-100°C'de gerçekleşen ekstrüzyon işlemi sonrası elde edilen ekstrüde ürünlerin DSC termogramlarında endotermik bir jelatinizasyon tepesine rastlanmadığı bildirilmiştir (Lee vd., 1999). Sonuçlar, bu sıcaklıkların jelatinizasyonun gerçekleşmesi için yeterince yüksek olması ve ekstrüzyon işlemi esnasında jelatinizasyonun tamamlanmış olmasıyla ilişkilendirilmiştir.

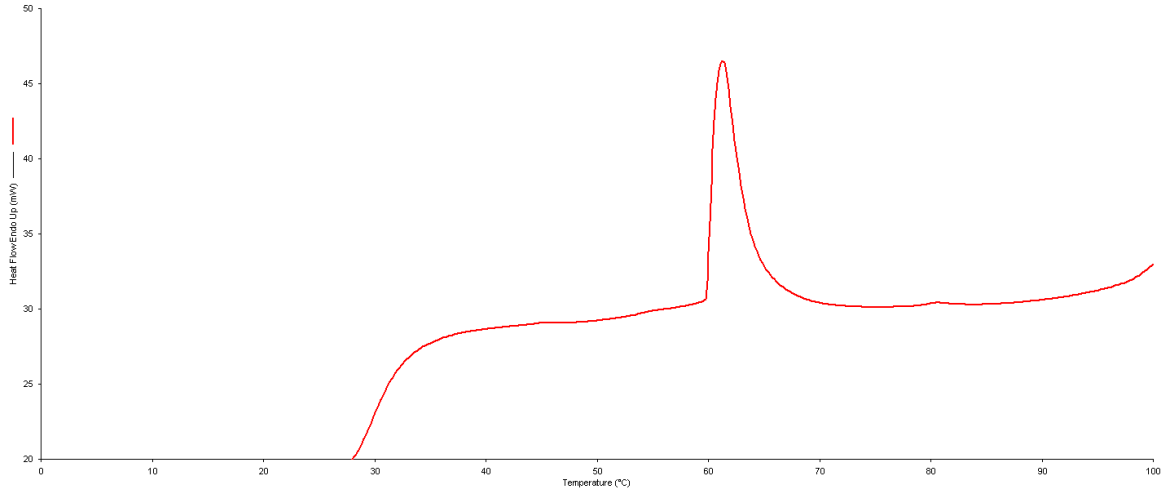
Bu bilgiler ışığında, bu çalışmadaki besleme numunelerinin DSC termogramlarında 60-70°C civarlarında gözlemlenen endotermik jelatinizasyon tepesinin, buğday ekstrüdelelerinin DSC termogramlarında gözlemlenmemiş olması, ekstrüzyon işlem sıcaklığının (150 °C) jelatinizasyon sıcaklığının üstünde olduğundan jelatinizasyonun ekstrüzyon işlemi esnasında tamamlanmış olmasıyla ilişkilendirilebilir.



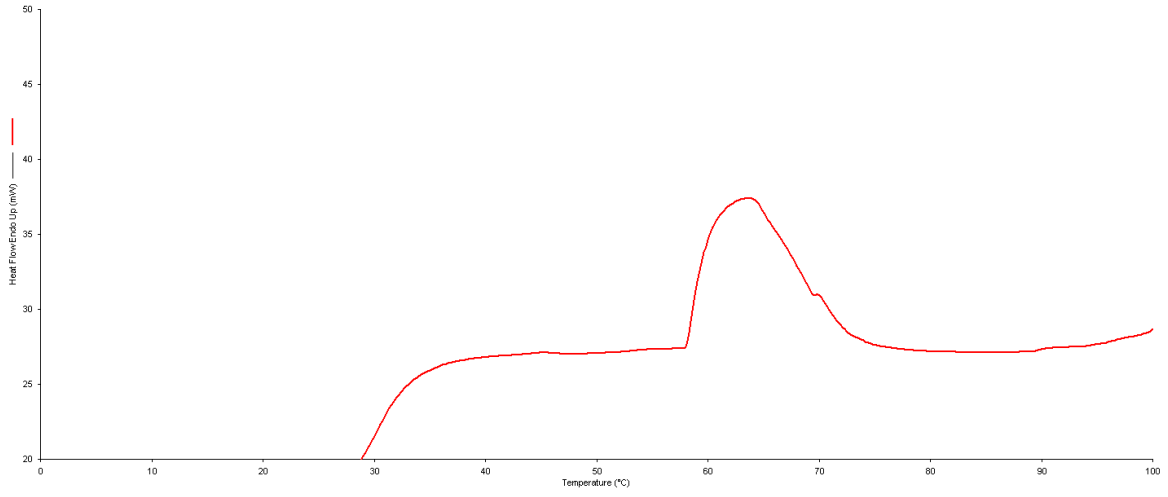
Şekil 11: Enginar yaprağı tozu eklenmeden hazırlanmış buğday ununun DSC grafiği



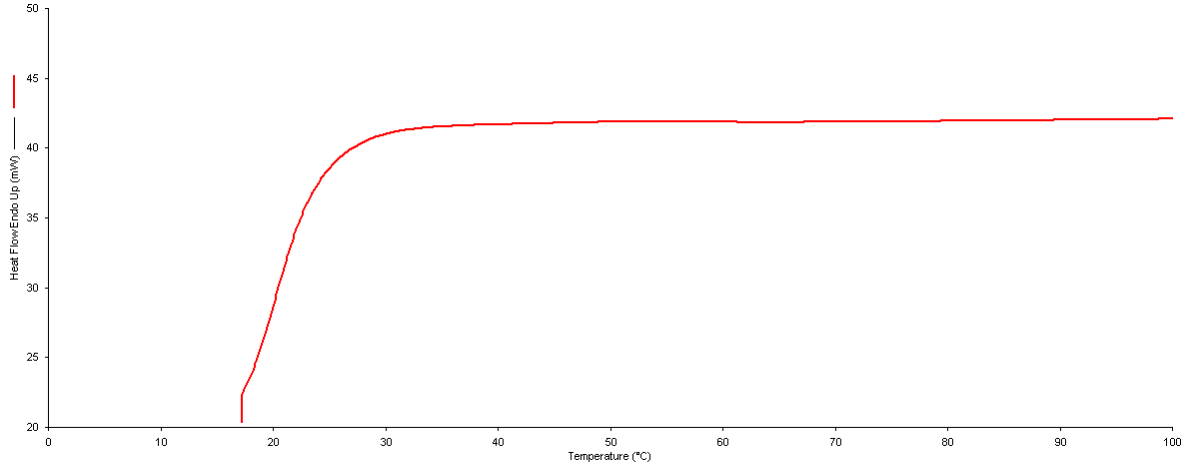
Şekil 12: %3 oranında enginar yaprağı tozu eklenerek hazırlanmış buğday unu karışımı



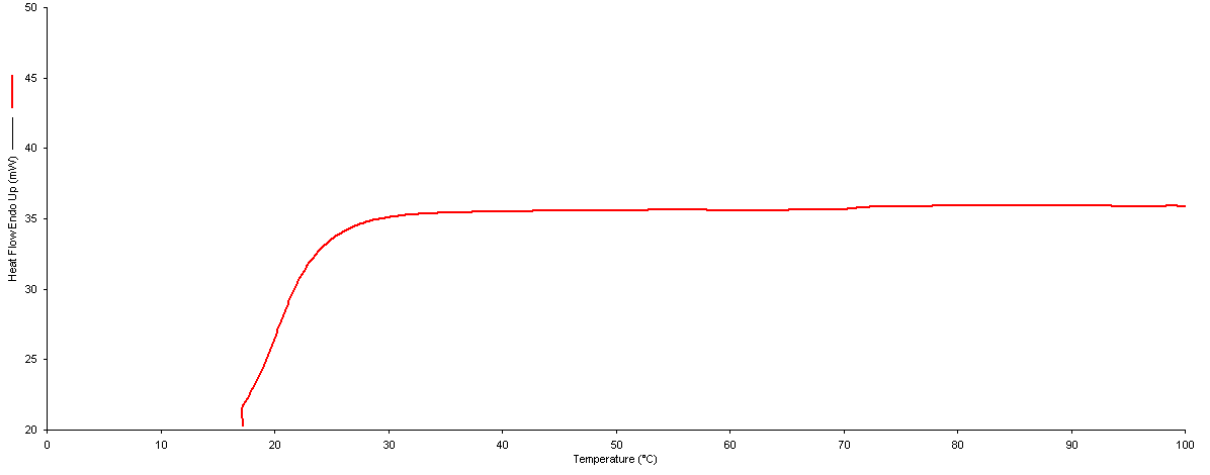
Şekil 13: %6 oranında enginar yaprağı tozu eklenerek hazırlanmış buğday unu karışımı



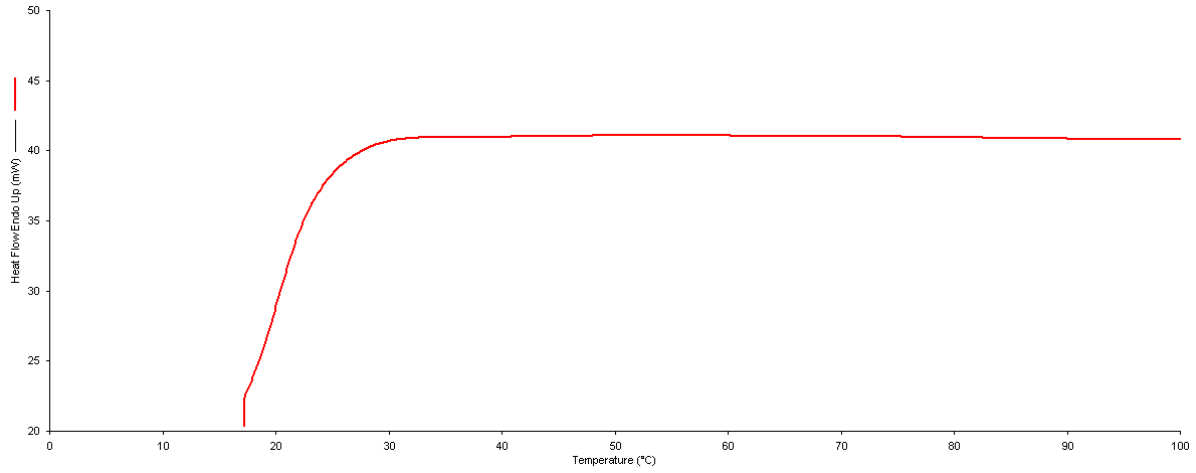
Şekil 14: %9 oranında enginar yaprağı tozu eklenerek hazırlanmış buğday unu karışımı



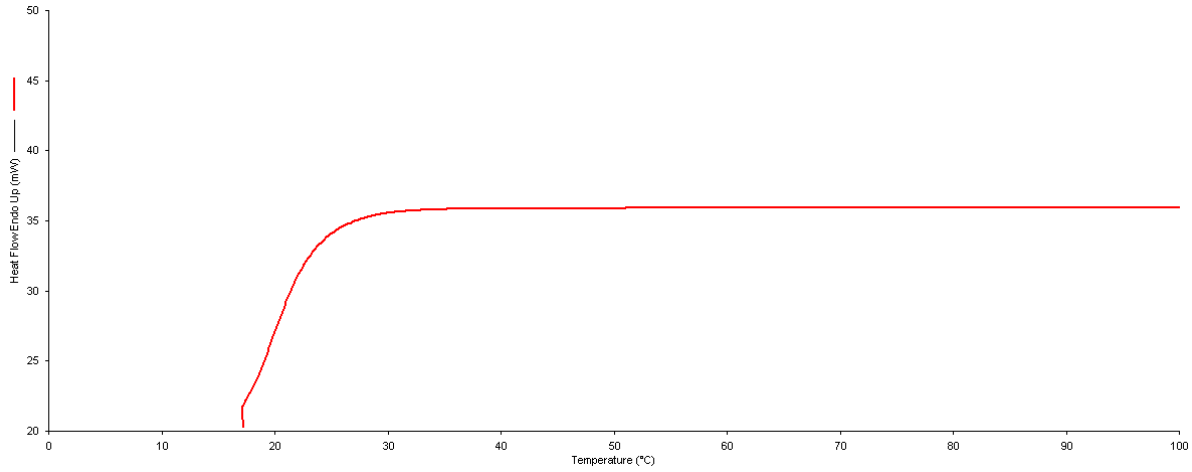
Şekil 15: Enginar yaprağı tozu eklenmeden elde edilmiş buğday ekstrüdesinin DSC grafiği



Şekil 16: %3 oranında enginar yaprağı tozu eklenerek elde edilmiş buğday ekstrüdesinin DSC grafiği



Şekil 17: %6 oranında enginar yaprağı tozu eklenerek elde edilmiş buğday ekstrüdesinin DSC grafiği



Şekil 18: %9 oranında enginar yaprağı tozu eklenerek elde edilmiş buğday ekstrüdesinin DSC grafiği

4.7 Duyusal Analiz

Eğitimsiz panelistler kullanılarak gerçekleştirilmiş duyusal analiz testlerinde panelistler ekstrüde ürünleri 'Görünüş', 'Renk', 'Tat' ve 'Tekstür' kategorilerinde değerlendirmiş, ürün tercihleri arasında kıyaslama yapmışlardır. Analiz, panelistlerin örnekler üzerindeki tercihlerinin ne doğrultuda olacağını anlamak amaçlanmıştır. Genel tercih dışındaki kategorilerde, dört adet ürün birbiri ile kıyaslanmış ve sadece o kategorinin özelliği göz

önünde bulundurulmuştur. Genel tercihte ise tüm özellikler birarada düşünülerek 9'lu hedonik skalaya göre kişisel tercih yapılması istenmiştir.

Verileri bu sonuçlara göre incelersek, görünüş, renk, tat ve tekstür açısından kontrol ve farklı oranlarda soğan kabuğu eklenmiş ürünler arasında istatistiki olarak fark gözlemlenmemiştir (Tablo10). Genel tercihlerde %9 soğan kabuğu tozu eklenmiş ürünün, soğan kabuğu tozu eklenmiş ürünler arasında karşılaştırılma yapıldığında en az tercih edilen ürün olduğu görülmüştür. Buğday ununa soğan kabuğu eklenerek yapılan başka bir çalışmada, duyu analizi sonuçları, %4 ve %5 oranında eklenen soğan kabuklu ekmeklerin tüketici kabul edilebilirliği açısından uygun olmadığı, maksimum %3 oranında eklenen soğan kabuğunun kabul edilebilir olduğunu belirtmişlerdir (Gawlik-Dziki vd., 2013).

Tablo 10: Değişik oranlarda soğan kabuğu tozu eklenmiş ürünlerin duyu analizi sonuçları

% Soğan kabuğu tozu	Görünüş	Renk	Tat	Tekstür	Genel Tercih
Kontrol	6,80 ± 1,65 ^a	5,65 ± 2,03 ^a	5,90 ± 1,73 ^a	6,85 ± 1,90 ^a	6,20 ± 1,74 ^{ab}
% 3	7,10 ± 1,17 ^a	7,00 ± 1,10 ^a	6,60 ± 1,17 ^a	7,20 ± 1,11 ^a	7,00 ± 0,85 ^a
% 6	6,90 ± 1,30 ^a	7,05 ± 1,30 ^a	7,00 ± 1,13 ^a	7,45 ± 1,01 ^a	7,25 ± 0,86 ^a
% 9	5,70 ± 1,40 ^a	5,90 ± 1,47 ^a	6,00 ± 1,20 ^a	6,20 ± 1,59 ^a	5,45 ± 1,42 ^b

Sonuçlar ortalama ± SS (n=10); aynı kolondaki farklı harflendirilmiş sonuçlar (a,b,c) istatistiki olarak farklıdır (p≤0.05).

Görünüş, Renk, Tat, Tekstür kategorileri ve Genel Tercih'te enginar yaprağı tozu eklenmeden elde edilmiş ekstrüde ürünlerle, kuru bazda %3 ve %6 oranında enginar yaprağı tozu eklenerek elde edilmiş ekstrüde ürünlerde istatistiki bir fark gözlemlenmezken, kuru bazda %9 oranında enginar yaprağı tozu eklenerek elde edilmiş ekstrüde üründe istatistiksel bir fark gözlemlenmiştir (Tablo 11). Bu analizin sonucuna göre panelistler kuru bazda %9 oranında enginar yaprağı eklenerek elde edilmiş ekstrüde ürünü diğer ürünlere göre daha az tercih etmektedir. Bunun sebebi eklenen enginar yaprağı tozunun panelistlerin ilgisini çekecek seviyeyi geçip rahatsız edici seviyeye ulaşmasından kaynaklanmış olabilir.

Tablo 11: Değişik oranlarda enginar yaprağı tozu eklenmiş ürünlerin duyu analizi sonuçları

% Enginar Yaprığı Tozu	Görünüş	Renk	Tat	Tekstür	Genel Tercih
Kontrol	6,9 ± 1,6 ^a	6,7 ± 1,7 ^a	6,5 ± 1,6 ^a	6,8 ± 2,0 ^a	6,6 ± 2,0 ^a
% 3	7,0 ± 1,2 ^a	7,0 ± 1,3 ^a	6,6 ± 1,3 ^a	7,0 ± 1,3 ^a	7,1 ± 1,1 ^a
% 6	6,0 ± 1,5 ^a	6,3 ± 1,5 ^a	6,0 ± 1,8 ^a	6,2 ± 1,9 ^a	6,1 ± 1,4 ^a
% 9	3,8 ± 1,8 ^b	4,2 ± 2,1 ^b	4,4 ± 2,2 ^b	4,2 ± 2,5 ^b	4,2 ± 2,0 ^b

Sonuçlar ortalama ± SS (n=10); aynı kolondaki farklı harflendirilmiş sonuçlar (a,b,c) istatistik olarak farklıdır (p≤0.05).

4.8 Toplam Fenolik Madde Analizi

Ekstrüzyon öncesi ve sonrası örneklerin toplam fenolik analiz sonuçları Tablo 12 ve 13'te sunulmuştur. Soğan kabuğu tozu eklemenin örneklerdeki fenolik miktarını arttırdığı, eklenen miktar arttıkça fark gözlemlendiği ortaya çıkmıştır (Tablo 12). Antioksidan aktivitesi sonuçlarında da gözlenen bu durum, fenolik birçok maddenin antioksidan özelliğine sahip olması sebebiyle şaşırtıcı bir sonuç olmamıştır. Daha önceden de bahsedildiği gibi fenolik maddelerin alt basamaklarından flavonoid grubuna ait olan kuersetin maddesinin bu durumda etkin olduğu önerilebilir.

Ekstrüde örnekler ile işlem görmemiş örnekler karşılaştırıldığında ise kontrol ürünü dışında soğan kabuğu tozu eklenmiş örneklerin hepsinde ekstrüzyon işleminin toplam fenolik madde miktarını olumsuz etkilediğini görüyoruz. Ekstrüzyonun fenolik maddeler üzerindeki olumsuz etkisi sıcaklıktan dolayı bozunmaya ya da polimerizasyon reaksiyonuna bağlanabilir (Sarawong, vd., 2014; Kumar vd., 2013). Bunlara ek olarak, moleküler yapıda değişiklik ekstraksiyonu da tetikler ölçüde olabilir (Sarawong, vd., 2014) (Kumar vd., 2013). Besleme örneklerinin yüksek nem oranına sahip olması ise bütün reaksiyonları etkileyebileceği gibi polimerizasyonun etkisini de arttırmış olabilir (Chalermchaiwat vd., 2015).

Tablo 12: Farklı oranlarda soğan kabuğu tozu eklenmiş ve kontrol örneklerinin toplam fenolik madde miktarı

Örnek	GAE mg/ g kuru örnek
Kontrol Besleme	0,15 ± 0,02 ^g
%3 Besleme	1,32 ± 0,06 ^e
%6 Besleme	2,63 ± 0,11 ^c
%9 Besleme	3,75 ± 0,11 ^a
Kontrol ekstrüde	0,12 ± 0,02 ^g
%3 ekstrüde	1,04 ± 0,07 ^f
%6 ekstrüde	2,01 ± 0,13 ^d
%9 ekstrüde	3,00 ± 0,09 ^b

Sonuçlar ortalama ± SS (n=5); aynı kolondaki farklı harflendirilmiş sonuçlar (a,b,c) istatistik olarak farklıdır (p≤0.05).

Ekstrüde örnekler enginar yaprağı tozu (EYT) eklenmesi örneklerin toplam fenolik madde miktarını kayda değer oranda artırmıştır. Artan EYT konsantrasyonu ile toplam fenolik madde miktarının da arttığı görülmektedir (Tablo 13). Ekstrüzyon işlemi sonrasında toplam fenol miktarında meydana gelen önemli ölçüdeki azalmaya rağmen ürünler, içeriklerindeki fenol miktarının %64,6 ile %76,5'ini korumuşlardır.

Ekstrüzyon işleminin fenol miktarı üzerindeki etkisi sıcaklık, vida hızı, kullanılan materyalin nem oranı ile formülasyonu gibi birçok parametreye bağlıdır. Uygulanan ekstrüzyon işleminin fenolik bileşenler üzerindeki olumsuz etkisini en aza indirmek bu parametrelerin optimize edilmesi ile mümkün kılınabilir. Literatürde yer alan pek çok çalışmada ekstrüzyonun toplam fenolik madde miktarını olumsuz yönde etkilediği görülmekteyken bazı çalışmalarda ekstrüzyon işlemi sonrasında toplam fenolik madde miktarının arttığı rapor edilmiştir.

Fenolik bileşenler sıcağa karşı dayanıklı moleküller değildir. Bu nedenle ekstrüzyon sırasında uygulanan yüksek sıcaklık fenoliklerin bozulmasına neden olabilir (Obradovic vd., 2014). Kowalski vd. (2016) tarafından kinoa unu kullanılarak gerçekleştirilmiş bir çalışmada ekstrüzyon işlemi sonrasında toplam fenolik madde miktarının azaldığı görülmüştür. Üç farklı nem oranı, dört farklı son bölge sıcaklığı ve üç farklı vida hızı kullanılan çalışmada nem oranının % 15, son bölge sıcaklığının 160 °C ve vida hızının 500 rpm olduğu koşullar haricinde toplam fenolik madde miktarının işlem sonrasında önemli ölçüde azaldığı görülmüştür. Çalışmanın sonuçları, ekstrüzyon sonrasında toplam fenolik madde miktarının azalması bakımından, bu projedeki sonuçlar ile benzerlik göstermektedir. Ayrıca Leyva-Corral vd. (2016) tarafından yulaf unu, patates nişastası ve elma püresi kullanılarak

yürütülen bir diğer çalışmada ekstrüzyon işleminin fenolik madde miktarında azalmaya sebep olduğu görülmüş, bu azalma yüksek sıcaklık, kesme kuvvetleri ve beslemenin nem oranının düşük olması ile ilişkilendirilmiştir. Bizim çalışmamızda da toplam fenolik madde miktarındaki azalma bu etkenlerden ötürü gerçekleşmiş olabilir.

Tablo 13: Farklı oranlarda enginar yaprağı tozu eklenmiş ve kontrol örneklerinin toplam fenolik madde miktarı

Toplam Fenolik Miktarı (mg GAE / 10g kuru madde)		
Örnek	Besleme	Ekstrüde Ürün
Kontrol	3,39 ± 0,23 ^{Ad}	2,19 ± 0,18 ^{Bd}
% 3	4,89 ± 0,48 ^{Ac}	3,59 ± 0,18 ^{Bc}
% 6	6,55 ± 0,60 ^{Ab}	5,08 ± 0,20 ^{Bb}
% 9	8,18 ± 0,77 ^{Aa}	6,26 ± 0,59 ^{Ba}

Sonuçlar ortalama ± SS (n=8); aralarında istatistiksel fark bulunan aynı satırdaki değerler farklı büyük harfler ile gösterilmiştir (A, B) (p≤0.05). Aralarında istatistiksel fark bulunan aynı sütundaki değerler farklı küçük harfler ile gösterilmiştir (a, b, c, d) (p≤0.05).

4.9 DPPH Yöntemi ile Antioksidan Aktivitesi Tayini

Soğan kabuğu tozu eklenerek zenginleştirilmiş örnekler, hem besleme örnekleri hem de ekstrüde örnekleri, kontrolleri ile kıyaslandıklarında daha yüksek antioksidan aktivitesi göstermiştir (Tablo 14). Her iki örnek seti arasında da aynı şekilde artan bir grafik gözlemlenmiş, soğan kabuğu tozu miktarının artışı örnekler arasında istatistiki açıdan fark göstermiştir. Soğan tozu miktarının az miktarda değiştiği bu örneklerde antioksidan seviyesindeki bu artış, soğan kabuğu tozundaki fenolik madde miktarı özellikle de iyi antioksidan özelliği gösteren kuersetin maddesi ile açıklanabilir (Gawlik-Dziki vd., 2013). Gawlik-Dziki vd., 2013 çalışmasında, genel olarak soğan kabuğu eklenen ekmeklerde antioksidan aktivitesinin fazlasıyla etkilendiği, %2-3 oranında eklenen soğan kabuğunun artış gösterdiği fakat daha fazla eklendiğinde antioksidan aktivitesinin artmadığı belirtilmiştir. Bizim çalışmamızda ise, %3, %6 ya da %9 oranındaki eklemelerin hepsinde artış gözlemlenmiştir. Fasulye hamuruyla yapılan bir çalışmada ise soğan kabuğu ekstratı eklenildiğinde antioksidan ve fenolik madde miktarında önemli derecede artış gözlemlenmiştir (Sęczyk, Świeca, & Gawlik-Dziki, 2015).

Örnekler, kendi denklere olan ekstrüde örnekler ile karşılaştırıldığında ise istatistiki bir fark gözlemlenmediği, yüksek sıcaklık ve mekanik kaymanın etkin olduğu ekstrüzyon işleminin

antioksidan aktivitesi üzerinde olumsuz etkisi olmadığı anlaşılmıştır. Isıl işlemlerin, oksidasyon gibi reaksiyonları hızlandırarak antioksidanların degradasyonuna sebep oldukları ve ısıya hassas olan bu maddelerin zarar gördükleri bilinmektedir (Cheng vd., 2006). Literatürde, bu konuda birkaç farklı görüş bulunmaktadır. Bazı araştırmacılar, ısıl işlemlerin antioksidanların bozulmasına sebep olduğunu görürken (Chalermchaiwat vd.,2015; Dlamini, Taylor, ve Rooney, 2007;Gujral, Sharma, Kumar, ve Singh, 2012) diğerleri ise ısıl işlem görmüş örneklerde antioksidan aktivitesinin arttığını gözlemlemiştir (Gui ve Ryu, 2014b; Pęksa vd., 2016; Paras Sharma, Gujral, ve Singh, 2012; Parul Sharma, Ramchiary, Samyor, ve Das, 2016). Antioksidan aktivitesini azaldığı gözlenen çalışmalarda, ekstrüzyonun neden olabileceği koşullardan birinin beslemenin nem oranı olabileceği belirtilmiştir. Nem oranı yüksek beslemelerde, fenoliklerin polimerizasyona uğrayarak ekstrüde örneklerdeki antioksidan ekstraksiyon verimliliğini düşürdüğü de açıklanmıştır (Dlamini vd., 2007). Yüksek işlem sıcaklığı ve yüksek besleme nem oranlılığı antioksidan ve fenolik maddelerin moleküler yapılarını değiştirmiş ya da bozmuş olabileceği ise başka bir sebep olarak belirtilmiştir (Chalermchaiwat vd., 2015; Gujral vd., 2012). Ekstrüzyon işlemi sonrası örneklerde antioksidan aktivitesi arttığı gözlenen çalışmalarda, bu artışa Maillard reaksiyonunun sebep olabileceği belirtilmiştir çünkü enzim katkısı olmadan bir kararma reaksiyonu olan Maillard reaksiyonu sonucu çıkan melanoidin maddesinin antioksidan özelliğe sahip olduğu bilinmektedir (Pęksa vd., 2016; Paras Sharma vd., 2012; Gui ve Ryu, 2014b). Bir başka açıklama ise, ekstrüzyon işlemi sırasında hücre çeperinin zarar görüp, hücrenin patlamasına sebep olarak, hücre içindeki maddelerin dışarıya salınımı sonucu antioksidan aktivitesine pozitif yönde etkide bulunabileceği yöndedir (Sharma vd., 2016). Ek olarak, antioksidan aktivitesinin arttığı gözlenen çalışmalarda genellikle toplam fenolik madde analizi de uygulanmış ve fenolik maddelerin de arttığı fark edilmiştir (Gui ve Ryu, 2014b; Pęksa vd., 2016; Paras Sharma vd., 2012). Birçok fenolik maddenin antioksidan özelliği de bulunduğu bilindiği için, bu iki analiz arasındaki benzer eğilimin şaşırtıcı olmadığı açıklanmıştır. Fenolik maddelerin ekstrüzyon sonrası artması sebebiyle antioksidan özelliği gösteren maddelerin ve aktivitelerinin artması beklenen bir sonuçtur. Bu çalışmada olduğu gibi ekstrüzyon işleminin antioksidan aktivitesi üzerinde önemli ölçüde etkisinin görülmediği çalışmalar bulunmaktadır (Nayak, Berrios, Powers, ve Tang, 2011; Leyva-Corral vd., 2016). İstatistiki fark görülmemesine ekstrüzyon sırasında büyük moleküllü fenolik maddelerin daha düşük moleküler ağırlığa sahip fenolik maddelere parçalanması, fenolik maddelerin proteinler ile etkileşimleri ya da Maillard reaksiyon ürünleri sebep olmuş olabilir (Nayak vd., 2011).

Tablo 14: Farklı oranlarda soğan kabuğu tozu eklenmiş ve kontrol örneklerinin antioksidan aktiviteleri

Örnek	TE $\mu\text{mol /g}$ kuru örnek
Kontrol Besleme	15,71 \pm 0,28 ^d
%3 Besleme	22,37 \pm 0,40 ^c
%6 Besleme	27,72 \pm 0,24 ^b
%9 Besleme	44,93 \pm 1,76 ^a
Kontrol ekstrüde	14,52 \pm 0,76 ^d
%3 ekstrüde	23,62 \pm 0,31 ^c
%6 ekstrüde	27,58 \pm 0,33 ^b
%9 ekstrüde	43,91 \pm 1,94 ^a

Sonuçlar ortalama \pm SS (n=5); aynı kolondaki farklı harflendirilmiş sonuçlar (a,b,c) istatistiki olarak farklıdır ($p \leq 0.05$).

Tablo 15’de görüldüğü üzere artan EYT miktarı antioksidan aktivitesinin de artmasına neden olmuştur. Veriler değerlendirildiğinde yalnızca %9 oranında EYT içeren örneklerde antioksidan aktivitesi ekstrüzyon işlemi sonrasında kayda değer ölçüde azalmıştır. Fenolik bileşenler antioksidan özelliğe sahiptir; ancak fenolik madde miktarındaki azalma her zaman antioksidan aktivitesinin de azalmasına neden olmayabilir. Ekstrüde ürünlerin antioksidan aktivitesi yalnızca içeriklerindeki biyoaktif madde miktarına bağlı değildir. Biyoaktif maddelerin bileşenleri de antioksidan aktivitesi açısından önemli bir etkidir (Sharma vd., 2016). Antioksidan aktivitesi analizlerinde antioksidatif özellik göstermeyen fenolik maddelerin olduğu bilinmektedir ve ayrıca antioksidan aktivitesinin bir kısmı flavonoid ve proteinler tarafından maskelenebilmektedir (Altan, McCarthy, ve Maskan, 2009b).

Leyva-Corral vd. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada yulaf unundaki toplam fenolik miktarı ekstrüzyon işlemi sonrasında azalırken aynı çalışmada antioksidan aktivitesinin az da olsa arttığı görülmüştür. Ekstrüzyon işlemi sırasında gerçekleşen Maillard reaksiyonunun antioksidatif bileşiklerin üretilmesine neden olduğu söylenmiştir. Benzer şekilde Wani & Kumar (2016) da ekstrüzyon işlemi sonrasında antioksidan aktivitesinde artış gözlemlemiş ve bu artışı Maillard reaksiyonu sonucunda oluşan pigmentlere bağlamışlardır.

Proje kapsamında yürütülen bu çalışmada ekstrüzyon işlemi sonrasında toplam fenolik madde miktarı azalırken antioksidan aktivitesinde değişme görülmemiştir. Bunun nedeni ekstrüzyon sırasında gerçekleşen Maillard reaksiyonu sonucunda antioksidatif özelliğe sahip pigment ve diğer ürünlerin ortaya çıkması olabilir. Ekstrüzyon işleminin antioksidan aktivitesi üzerindeki etkisi ise Maillard reaksiyonu sonucunda oluşan antioksidatif ürün miktarı ile

bozulan fenolik madde miktarına bağlı olarak değişmektedir. %9 oranında EYT içeren ürünlerde antioksidan miktarındaki azalmanın nedeni Maillard reaksiyonu sonucunda oluşan antioksidatif madde miktarının işlem sırasında tahrip olan antioksidatif özelliğe sahip fenollerin miktarından az olması olabilir. %3 ve %6 oranında EYT içeren örneklerde ise oluşan ve bozulan antioksidatif madde miktarı hemen hemen eşit olduğu için antioksidan aktiviteleri farklılık göstermemiştir.

Tablo 15: Farklı oranlarda enginar yaprağı tozu eklenmiş ve kontrol örneklerinin antioksidan aktiviteleri

Antioksidan Aktivitesi ($\mu\text{mol TE} / 10 \text{ g kuru madde}$)		
Örnek	Besleme	Ekstrüde Ürün
Kontrol	7,20 \pm 3,14 ^{Ad}	6,92 \pm 2,80 ^{Ad}
% 3	14,47 \pm 2,38 ^{Ac}	12,18 \pm 2,37 ^{Ac}
% 6	21,36 \pm 1,94 ^{Ab}	19,16 \pm 2,02 ^{Ab}
% 9	29,54 \pm 2,35 ^{Aa}	24,38 \pm 2,50 ^{Ba}

Sonuçlar ortalama \pm SS (n=4) ; aralarında istatistiksel fark bulunan aynı satırdaki değerler farklı büyük harfler ile gösterilmiştir (A, B) ($p \leq 0.05$). Aralarında istatistiksel fark bulunan aynı sütundaki değerler farklı küçük harfler ile gösterilmiştir (a, b, c, d) ($p \leq 0.05$).

4.10 *In vitro* sindirim modeli ile glikoz fraksiyonu analizi

Karbonhidratların vücudumuza sağladığı kalori her ne kadar aldığımız miktara bağlıysa da sindirim hızı ve sindirim ile emilim sırasındaki varyasyonları nedeniyle direkt bir ilişki kurmamız bilimsel açıdan çok doğru olmayabilir. Bu sebeple, glisemik indeks terimi ortaya atılmıştır. Glisemik indeks, glisemik tepki eğrisinin altında kalan alan olarak tanımlanır. Bu eğri test edilen gıda ürünü ile referans ürünün (genellikle beyaz ekme) karşılaştırılması ile oluşturulur (Zhang ve Hamaker, 2009). Karbonhidratların ve çok tüketilen tahılların başlıca maddesi nişastanın glikozlara sindirimi ve glikozların emilimi, nişastanın glisemik indeksini belirler. Besinsel açıdan kategorize etmek gerekirse, nişasta 3 sınıfa ayrılabilir; hızlıca sindirilen nişasta (RDS), yavaş sindirilen nişasta (SDS) ve sindirime dayanıklı nişasta (RS). RDS, ince bağırsakta yaklaşık 20 dakika içerisinde sindirilip kana karışarak, kan şekerini yükseltir. SDS ise daha yavaş ama tamamen sindirilen kısımdır, bu da 120 dakika civarı olur. RS ise ince bağırsakta sindirilemeyip kalın bağırsaklardaki mikroorganizmalar tarafından fermente edilen kısımdır (Zhang & Hamaker, 2009). **Hızlı açığa çıkan (RAG) ve yavaş açığa**

çıkan glikoz (SAG) ince bağırsakta emilim için hazır bulunan glikoza işaret etmektedir. Pek çok karbonhidrat içeren gıda için RAG içeriği glisemik indeks ile doğru orantılıdır.

Soğan kabuğu tozu eklenen ürünler kontrol örneği ile karşılaştırıldığında, lif eklemenin, G20, G120, TG, RAG, SAG ve UG değerlerinde bir farka neden olmadığı görülmüştür (Tablo 16 a ve b). Tablo 16 b'de görüldüğü üzere RAG değerleri tüm örneklerde yüksek çıkmıştır. Bu, ekstüde ürünlerde, beklendiği gibi, nişastanın çabuk sindirildiğini göstermektedir. Ekstrüzyon işleminde, nişastaya transfer edilen termal ve mekanik enerji, nişasta granüllerindeki hidrojen ve kovalent bağları kırarak amiloz ve amilopektinin averaj moleküler ağırlıklarını düşürerek nişastanın enzime duyarlılığını arttırmaktadır. Kontrol ve soğan kabuğu eklenmiş ürünler incelendiğinde açığa çıkan glikoz miktarının (G20, G120 ve TG) zamanla arttığı gözlemlenmiştir (Tablo 17). Tablo 16 ve 17 aynı verilerden oluşup farklı bilgileri görebilmek için farklı sıralanmışlardır.

Altan ve arkadaşları (2009a) yaptıkları çalışmada, farklı miktarlarda ekledikleri domates posasının nişasta sindirebilirliğini azalttığını görmüşlerdir. Azalan nişasta sindirilebilirliği sebebin eklenen posanın içindeki liflerin protein-lif-nişasta matriksi oluşturarak nişastanın bu matrikste hapsolmuş olabileceği veya posanın içinde bulunan nişasta olmayan çözünebilir polisakkaritlerin suyu tutarak jelatinizasyona engel olabileceği, jelatinize olmayan nişastanın sindirimin zor olması sebebiyle azalmış olabileceğini öne sürmüşlerdir. Bir başka sebep ise proteinlerin nişasta granüllerinin etrafını sararak suyun granül içine girmesine engel olmak ve gene jelatinizasyonun azalması sebebiyle sindirimin zorlaşmış olabileceğini söylemişlerdir (Altan vd., 2009a). Bu çalışmada, eklenen soğan kabuğu miktarının sindirime etkisinin gözlemlenebilir olmamasının sebebi miktarın etkileyecek kadar çok olmamasından kaynaklı olabilir. Brennan vd. (2008)'nin yaptığı çalışmada %5, %10 ve %15 oranında farklı diyetik lifler buğday ununa eklenerek hazırlanan ekstrüde ürünler karşılaştırıldığında G20 sindiriminde lif eklenen örneklerde nişasta sindiriminin azaldığı gözlenmiştir. G120 nişasta sindirimine bakıldığında ise kontrol örneği ile lifli örnekler arasında fark görülmemiştir. Benzer şekilde, Parada vd. (2011)'nin ekstrüde ürünlerde yaptıkları çalışmada lif eklemenin SAG ve UG değerlerinde önemli bir değişikliğe sebep olmadığını ancak RAG değerlerinde küçük artışa neden olduğunu belirtmişlerdir. Açık bir eğilim görmediklerini ve bu sunucun ve örneklerdeki yüksek varyasyonun parçacık boyutu gibi ölçülemeyen değerler nedeni ile olabileceğini belirtmişlerdir.

Tablo 16 a: Değişik oranlarda soğan kabuğu tozu eklenmiş ürünlerin 20. Dakikada (G20), 120. dakikada açığa çıkan şeker miktarı (G120) ve Toplam şeker miktarı (TG)

% Soğan kabuğu tozu	G20	G120	TG
	(% g glikoz / g kuru örnek)	(%g glikoz/ g kuru örnek)	(%g glikoz/ g kuru örnek)
Kontrol	51,57 ± 1,47 ^a	60,33 ± 4,26 ^a	74,58 ± 2,69 ^a
% 3	54,71 ± 5,69 ^a	60,81 ± 1,17 ^a	84,61 ± 12,42 ^a
% 6	47,75 ± 1,35 ^a	62,12 ± 2,54 ^a	86,74 ± 10,94 ^a
% 9	47,12 ± 1,39 ^a	57,26 ± 7,35 ^a	69,04 ± 2,93 ^a

Sonuçlar ortalama ± SS (n=3); aynı kolondaki farklı harflendirilmiş sonuçlar (a,b,c) istatistikî olarak farklıdır (p≤0.05).

Tablo 16 b: Değişik oranlarda soğan kabuğu tozu eklenmiş ürünlerin çabuk açığa çıkan glikoz (RAG), yavaş açığa çıkan glikoz (SAG) ve ulaşlamayan glikoz (UG) değerleri.

% Soğan kabuğu tozu	RAG	SAG	UG
	(g / 100 g kuru örnek)	(g / 100 g kuru örnek)	(g / 100 g kuru örnek)
Kontrol	69,15 ± 3,2	11,75 ± 6,1	19,11 ± 6,8
% 3	64,66 ± 11,6	7,21 ± 6,9	28,13 ± 15,3
% 6	55,05 ± 7,1	16,57 ± 3,9	28,38 ± 13,4
% 9	68,25 ± 3,5	14,69 ± 10,9	17,06 ± 11,5

Tablo 17: Kontrol, %3 oranında, %6 oranında ve %9 oranında soğan kabuğu tozu eklenmiş ürünlerin 20., 120. Dakikada açığa çıkan şeker ve toplam şeker miktarı

	Kontrol	%3	%6	%9
	(%g glikoz/ g kuru örnek)	(%g glikoz/ g kuru örnek)	(%g glikoz/ g kuru örnek)	(%g glikoz/ g kuru örnek)
G 20	51,57 ± 1,47 ^c	54,71 ± 5,69 ^b	47,75 ± 1,35 ^b	45,78 ± 2,25 ^b
G120	60,33 ± 4,26 ^b	60,81 ± 1,17 ^b	62,12 ± 2,54 ^b	57,26 ± 7,35 ^b
TG	74,58 ± 2,69 ^a	84,61 ± 12,42 ^a	86,74 ± 10,94 ^a	69,04 ± 2,93 ^a

Sonuçlar ortalama ± SS (n=3); aynı kolondaki farklı harflendirilmiş sonuçlar (a,b,c) istatistikî olarak farklıdır (p≤0.05).

Enginar yaprağı tozu eklenmeden elde edilmiş kontrol ürünü ile değişik oranlarda (kuru bazda %3,%6 ve %9 oranında) enginar yaprağı tozu eklenerek elde edilen buğday ekstrüdelelerinin 20. ve 120. dakikada açığa çıkan şeker miktarları ile toplam şeker miktarları analiz edilmiş ve aşağıdaki tablolarda özetlenmiştir (Tablo 18 ve 19).

Enginar yaprağı tozu eklenen ürünler kontrol örneği ile karşılaştırıldığında, lif eklemenin, G20, G120, TG, RAG, SAG ve UG değerlerinde bir farka neden olmadığı görülmüştür (Tablo 18 a ve b). Tablo 18 b'de görüldüğü üzere RAG değerleri yüksek çıkmıştır. Bu, ekstrüde ürünlerde, beklendiği gibi, nişastanın çabuk sindirildiğini göstermektedir. Kontrol ve enginar yaprağı tozu eklenmiş ürünler incelendiğinde açığa çıkan glikoz miktarının (G20, G120 ve TG) zamanla arttığı gözlemlenmiştir (Tablo 19). Tablo 18 ve 19 aynı verilerden oluşup farklı bilgileri görebilmek için farklı sıralanmışlardır.

Kan şekerinin düzenlenmesi maksatlı atıştırmalık gevrekler lif katılarak glisemik indisin düşürülmeye çalışıldığı çalışmalar mevcuttur (Norfezah vd., 2011; Brennan vd., 2012). Norfezah vd. (2011) yüksek lif ve protein kaynağı olan balkabağı artıklarını kullanarak ürettikleri atıştırmalık gevreklerin kan şekerinin düzenlenmesinde etkili olabileceğini bildirmişlerdir. Buğday ununa, mantar üretiminde kullanılan lif oranı yüksek atıkları geri dönüştürüp ekleyen Brennan vd. (2012), kontrol ürününün yanısıra %5, %10 ve % 15 oranında geri dönüştürülen atıkları kullanıp ekstrüde ürün elde etmişlerdir. Sonuçlar, bu ürünün, glisemik tepkinin ertelenmesinde etkin olarak kullanılabileceğine dikkat çekmiştir.

Bu çalışmada, eklenen enginar yaprağı tozu açığa çıkan şeker oranını düşürmekte etkili olmamıştır. Atıştırmalık gıdaların glisemik indisleri yüksek karbonhidrat içeriklerinden ötürü yüksektir (Brennan vd., 2013). Elde ettiğimiz sonuçların sebebi, çalışma aralıklarında eklenen enginar yaprağı tozu içeriğiyle gelen lif miktarının ortamdaki karbonhidratı baskılayacak kadar yüksek olmaması olabilir.

Tablo 18: Kontrol, %3 oranında, %6 oranında ve %9 oranında enginar yaprağı tozu eklenmiş ürünlerin 20., 120. Dakikada açığa çıkan şeker ve toplam şeker miktarı

	Kontrol	%3	%6	%9
	(%g Glikoz/ g kuru ağırlık)	(%g Glikoz/ g kuru ağırlık)	(%g Glikoz/ g kuru ağırlık)	(%g Glikoz/ g kuru ağırlık)
G 20	46,78 ± 1,45 ^a	54,71 ± 4,18 ^b	50,08 ± 1,33 ^a	46,96 ± 1,98 ^b
G120	52,03 ± 1,02 ^a	55,94 ± 2,72 ^{ab}	51,26 ± 1,72 ^a	52,31 ± 1,09 ^b
TG	81,43 ± 15,52 ^a	73,20 ± 0,96 ^a	83,40 ± 14,82 ^a	79,78 ± 6,29 ^a

Sonuçlar glikoz için ortalama ± SS (n = 2); aynı kolondaki farklı harflendirilmiş sonuçlar (a,b) istatistiki olarak farklıdır (p≤0.05).

Tablo 19 a : Değişik oranlarda enginar yaprağı tozu eklenmiş ürünlerin 20. Dakikada (G20), 120. dakikada açığa çıkan şeker miktarı (G120) ve Toplam şeker miktarı (TG)

% Enginar Yaprığı Tozu	G20 (%g Glikoz/ g kuru ağırlık)	G120 (%g Glikoz/ g kuru ağırlık)	TG (%g Glikoz/ g kuru ağırlık)
Kontrol	46,78 ± 1,45 ^a	52,03 ± 1,02 ^a	81,43 ± 15,52 ^a
% 3	54,71 ± 4,18 ^a	55,94 ± 2,72 ^a	73,20 ± 0,96 ^a
% 6	50,08 ± 1,33 ^a	51,26 ± 1,72 ^a	83,40 ± 14,82 ^a
% 9	46,96 ± 1,98 ^a	52,31 ± 1,09 ^a	79,78 ± 6,29 ^a

Sonuçlar glikoz için ortalama ± SS (n = 2); aynı kolondaki farklı harflendirilmiş sonuçlar (a,b) istatistiki olarak farklıdır (p≤0.05).

Tablo 19 b : Değişik oranlarda enginar yaprağı tozu eklenmiş ürünlerin çabuk açığa çıkan glikoz (RAG), yavaş açığa çıkan glikoz (SAG) ve ulaşılabilen glikoz (UG) değerleri.

% Enginar Yaprığı Tozu	RAG (g / 100 g kuru örnek)	SAG (g / 100 g kuru örnek)	UG (g / 100 g kuru örnek)
Kontrol	57,45 ± 11,1	6,45 ± 2,5	36,10 ± 20,3
% 3	74,74 ± 5,8	1,68 ± 6,8	23,58 ± 4,0
% 6	60,05 ± 10,08	1,41 ± 2,6	38,54 ± 19,2
% 9	58,86 ± 5,3	6,71 ± 2,9	34,43 ± 8,4

4.11 *In Vitro* Sindirim Öncesi ve Sonrası Ürünlerde Kuersetin Analizi

Esktrüde ve besleme örneklerinin *in vitro* sindirim öncesi ve sonrası kuersetin miktarları Tablo 20'de verilmiştir. Soğan kabuğu tozu miktarı ile kuersetin arasındaki ilişki incelendiğinde sonuçlar göstermiştir ki eklenen soğan kabuğu tozu miktarı kuersetin miktarını arttırıcı yönde etki göstermektedir. En çok soğan kabuğu tozu eklenmiş ürünlerin en yüksek kuersetin miktarına sahip olduğu anlaşılmaktadır. Benzer ilişki literatürde de görülmektedir; soğan kabuğunun ekme hamuruna karıştırılarak elde edilen ekmelele yapılan çalışmada, kuersetin miktarı artışının soğan kabuğu miktar artışı ile doğru orantılı olduğu bulunmuştur (Gawlik-Dziki vd., 2013).

Bir ısı işlem olan ekstrüzyon işlemi öncesi ve sonrası kuersetin miktarları incelendiğinde ısı işlem nedeni ile azalması beklenen kuersetin miktarı %9 soğan kabuğu eklenen örnekte istatistiksel olarak anlamlı artış diğer örneklerde ise istatistiksel bir fark göstermemiştir. Bunun sebebi besinsel life sıkışmış fenolik bileşenlerin ekstrüzyon sonrası açığa çıkmış olmaları ve ekstrakte edilebilirliklerinin artmış olması olabilir. Pirinç ununun ve karabuğday ununun farklı oranlarda karıştırılması ile yapılan ekmelelerin kuersetin ve rutin miktarlarının incelendiği çalışmada, karışımların un hali ve piştikten sonraki ekmele hallerinden alınan örnekler karşılaştırıldığında kuersetin miktarının arttığı anlaşılmıştır (Sakac vd., 2011). Yerfıstığı özü ile yapılan bir çalışmada ise, kavurma işleminin kuersetin miktarını arttırdığı gözlemlenmiştir (Win, Abdul-Hamid vd., 2011). Farklı ısı işlemlerinin brokoli ve karnabahar fenolikleri üzerindeki etkisinin araştırıldığı çalışmada, haşlanmış brokolideki kuersetin miktarının haşlanmamış brokoliye göre daha fazla olduğu bulunmuş, ısı işlemin bitki hücrelerinin bozulmasına sebep olarak biyoaktif maddelerin daha açığa çıktığını belirtmişlerdir (dos Reis vd., 2015).

In vitro sindirim simülasyonu sonrası besleme ve ekstrüde ürünler karşılaştırıldığında ekstrüde örneklerdeki sindirim sonrası kuersetin miktarları besleme örneklerinden yüksektir (Tablo 20). Diğer yandan, ürün kalitesindeki değişim değerlendirilerek ön denemelerle belirlenen aralıkta (% 0, %3, %6 , %9) beslemeye eklenen soğan kabuğu miktarının, dolaylı olarak lif miktarının, *in vitro* sonuçlarında anlamlı bir değişikliğe neden olmadığı görülmüştür (Tablo 20). Literatürde, birçok çalışmada ekstrüzyon vb gibi işlemlerin fenolik bileşiklerin biyoerişilebilirliğini arttırdığı bulunmuştur. Sorgum üzerine çalışılan bir makalede, sorgum içerisindeki kateşinlerin biyoyararlılığının ekstrüzyon ile arttığı bildirilmiştir (Gu vd., 2008). Ekstrüzyonun farklı darı türlerindeki fenolik ve antioksidanları üzerine yapılan çalışmada, ekstrüzyon öncesi ve sonrası analizlerde görülen fenolik maddelerin farklı olduğu ortaya çıkmış, bu durum ekstrüzyon sırasındaki sıcaklıktan kaynaklı veya sindirim sırasında

dönüşebileceğini açıklamışlardır. Ortaya çıkan fenolik maddelerin antioksidan özelliklerine devam ettikleri anlaşılmıştır (Chandrasekara ve Shahidi, 2012). *In vivo* yürütülen bir çalışmada ise, ekstrüde edilmiş yulaf ve ekstrüde edilmiş arpa ile beslenen deneklerde daha yüksek fenolik madde olduğu saptanmıştır; ekstrüzyon sırasındaki serbest ve bağlı fenolik maddelerin değişiminden kaynaklı olduğu savunulmuştur (Hole vd., 2013). Parada ve Aguilera, (2007) çalışmalarında, pastörizasyon veya fermantasyon gibi işlemler sırasında konjuge olan kuersetinin sindirim sırasında uğradığı enzimatik hidrolize sonucu açığa çıkabileceğini veya aglikon halindeki kuersetinlerin serbest kalabileceğinden bahsetmişlerdir.

Tablo 20: *In vitro* sindirim işlemi öncesi ve sonrasındaki ekstrüde ürün ve işlenmemiş örneklerin kuersetin içeriği

Örnek	Sindirim öncesi Kuersetin miktarı (µg kuersetin / g kuru örnek)		Sindirim sonrası Kuersetin miktarı (µg kuersetin / g kuru örnek)	
	Besleme	Ekstrüde ürün	Besleme	Ekstrüde ürün
Kontrol	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
%3	23.97 ± 2.86 ^{aA}	24.58 ± 2.29 ^{bA}	1.86 ± 0.41 ^{cB}	10.89 ± 0.95 ^{cA}
%6	29.00 ± 0.76 ^{aA}	60.49 ± 12.67 ^{abA}	13.57 ± 0.49 ^{bB}	23.88 ± 3.25 ^{bA}
%9	48.93 ± 10.22 ^{aB}	100.49 ± 12.71 ^{aA}	20.39 ± 0.06 ^{aB}	55.30 ± 2.85 ^{aA}

Sonuçlar sindirim öncesi ve sindirim sonrası örnekler için ortalama ± SS (n=2) olarak hesaplanmıştır. Aralarında istatistiksel fark bulunan aynı satırdaki değerler farklı büyük harfler ile gösterilmiştir (A, B) (p≤0,05). Aralarında istatistiksel fark bulunan aynı sütundaki değerler farklı küçük harfler ile gösterilmiştir (a, b, c) (p≤0,05).

4.12 *In Vitro* Sindirim Öncesi ve Sonrası Ürünlerde Sinarin Analizi

Tablo 21 'da görülmektedir ki ekstrüzyon işlemi tüm EYT konsantrasyon değerleri için sinarin miktarında önemli ölçüde azalmaya neden olmuştur. Leyva-Corral vd. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada ekstrüzyon işleminin klorojenik asit, kafeik asit, *p*-kumarik asit, ferulik asit, rutin ve florizin maddelerinin miktarını azalttığı görülmüştür. Tüm bu biyoaktif maddeler sinarin maddesine kimyasal yapı bakımından benzerdir. Ekstrüzyon işlemi tüm maddelerin miktarında, bu proje ile benzer şekilde, azalmaya sebep olmuştur (Leyva-Corral vd., 2016). *In vitro* sindirim sonrası besleme ve ekstrüde ürünler karşılaştırıldığında ekstrüde örneklerdeki *in vitro* sindirim simulasyonu sonrası sinarin miktarları besleme örneklerinden yüksektir

(Tablo 21). Diğer yandan, çalışılan aralıkta (% 0, %3, %6 , %9) beslemeye eklenen enginar yaprağı tozu miktarının, dolaylı olarak lif miktarının, *in vitro* sonuçlarında anlamlı bir değişikliğe neden olmadığı görülmüştür (Tablo 21).

Polifenollerin biyoerişilebilirliği yüksek sıcaklıklardaki işlemlerden ve ekstrüzyondan olumlu veya olumsuz yönde etkilenebilmektedir (Wang, He, ve Chen, 2014). Polifenoller ekstrüzyon işlemi sonucunda yıkılabilirler; ancak işlem sonrası serbest hale gelebileceklerinden ötürü biyoerişilebilirlikleri artabilir. İşlemin toplam biyoerişilebilirlik etkisi hangi etkenin daha etkili olduğuna bağlıdır. Gıda işleme teknolojileri tahıl ürünlerinde partikül büyüklüğünü azaltıp fiber ve gıda matrisi yapılarını bozarak fenollerin erişilebilir hale gelmesini sağlayabilir (Wang vd., 2014). Bu projede de, ekstrüzyon işlemi sonrasında, sinarin daha kolay erişilebilir bir hale gelmiştir. Enginar yaprağı zengin bir lif içeriğine sahiptir ve bu projede sinarinin biyoerişilebilirliklerindeki artışın lif yapılarının bozulması sebebi ile biyoaktif maddelerin *in vitro* sindirim koşullarında daha kolay salınması olabilir.

Enginar ekstraktından elde edilen altı farklı sinarin izomerinin *in vitro* biyoerişilebilirliklerinin yapıldığı bir çalışmada tüm bu izomerlerin farklı *in vitro* biyoerişilebilirlik özelliklerine sahip olduğu görülmüştür (D'Antuono vd., 2015). Yüksek sıcaklık ile işlenen enginar ürünlerinde ise sinarin maddesinin izomerizasyonu gerçekleşebilir (Schütz vd., 2004). Bu projede ekstrüzyon işlemi yüksek biyoerişilebilirliğe sahip izomerlerin oluşmasına sebep olmuş olabilir. Bu durum toplam sinarin biyoerişilebilirliğindeki artışının bir diğer nedeni olabilir.

Tablo 21: *In vitro* sindirim işlemi öncesi ve sonrasındaki ekstrüde ürün ve işlenmemiş örneklerin sinarin içeriği

EYT Konsantrasyonu	Sindirim Öncesi Sinarin Miktarı (µg / g kuru madde)		Sindirim Sonrası Sinarin Miktarı (µg / g kuru madde)	
	Besleme*	Ekstrüde Ürün*	Besleme**	Ekstrüde Ürün**
Kontrol	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
%3	14.25 ± 1.59 ^{Ac}	3.74 ± 0.34 ^{Bc}	0.62 ± 0.21 ^{Bb}	1.17 ± 0.08 ^{Ab}
%6	28.86 ± 2.75 ^{Ab}	6.09 ± 0.70 ^{Bb}	0.93 ± 0.18 ^{Bab}	2.07 ± 0.49 ^{Ab}
%9	44.56 ± 4.37 ^{Aa}	9.61 ± 0.97 ^{Ba}	1.34 ± 0.40 ^{Ba}	4.36 ± 0.83 ^{Aa}

Sonuçlar ortalama ± SS (n=4)* ve ortalama ± SS (n=3)** olarak hesaplanmıştır. Aralarında istatistiksel fark bulunan aynı satırdaki değerler farklı büyük harfler ile gösterilmiştir (A, B) (p≤0,05). Aralarında istatistiksel fark bulunan aynı sütundaki değerler farklı küçük harfler ile gösterilmiştir (a, b, c) (p≤0,05).

5. SONUÇLAR

Sonuçlar göstermektedir ki ekstrüde ürünlerin fonksiyonel bileşen miktarı yan ürün eklenerek arttırılabilir. Ürünlerin kalite özellikleri eklenen yan ürün miktarına göre değişiklik gösterebilmektedir. Antioksidan aktivitesi ve fenolik madde miktarı incelendiğinde, her iki fonksiyonel ürünün eklenme oranının artması ile antioksidan aktivitesi ve fenolik madde miktarının arttığı görülmüştür. Nişasta sindirilebilirliği açısından hem soğan kabuğu tozu eklenmiş ürünlerde hem enginar yaprağı tozu eklenmiş ürünlerde bir fark görülmemiştir. Kuarsetinin miktarı incelendiğinde ekstrüzyon işlemi sonrası ölçülen kuarsetin miktarının %3 ve %6 'lık örnekler için istatistiksel olarak değişmediği ancak %9'luk örnekler için istatistiksel olarak anlamlı artış gösterdiği gözlemlenmiştir. *In vitro* sindirim modeli sonrası kuarsetin zarara uğramışsa da ekstrüde ürünlerin sindirim sonrası ölçülen kuarsetin miktarları besleme örneklerine göre yüksek çıkmıştır. Sinarin deneylerinde ise ekstrüzyonun işleminin sinarin miktarını azalttığı görülürken, sindirim sonrası sinarin değerlendirildiğinde ekstrüzyon işleminin sindirim sonrası sinarin miktarında artışa sebep olduğu gözlemlenmiştir. Dolayısı ile ekstrüzyon işleminin kuarsetin ve sinarin için *in vitro* biyoerişilebilirliği arttırdığı söylenebilir. Çalışılan oranlarda lif ya da soğan kabuğu ve enginar yaprağı tozu miktarının artışı *in vitro* sonuçlarında anlamlı bir değişikliğe neden olmamıştır. Sonuç olarak, gıda matrisinin, fonksiyonel bileşenlerin matris içerisindeki konumunun ve gıda işleminin biyoerişilebilirliği etkilediği söylenebilir.

Sonraki çalışmalar için önerilerimiz ürünlerin fonksiyonel bileşen oranlarının kalite parametrelerini fazla değiştirmeden arttırmak için işlem koşulları ile optimizasyon yapılması olabilir. Buna ilave olarak, *in vitro* biyoerişilebilirlik verileri *in vivo* veriler ile desteklenebilir.

6. KAYNAKÇA

ABU-REIDAH, I. M., Arraez-Roman, D., Segura-Carretero, A., ve Fernandez-Gutierrez, A. 2013. "Extensive characterisation of bioactive phenolic constituents from globe artichoke (*Cynara scolymus* L.) by HPLC-DAD-ESI-QTOF-MS", *Food Chemistry*, 141(3), 2269–2277.

ACOSTA-ESTRADA, B. A., Gutiérrez-Urbe, J. A., ve Serna-Saldívar Centro, S. O. 2014. "Bound phenolics in foods, a review", *Food Chemistry*, 152, 46–55.

AGUILAR-PALAZUELOS, E., Zazueta - Morales, J., Harumi, E. N. ve Martinez - Bustos, F. 2012. "Optimization Of Extrusion Process For Production Of Nutritious Pellets", *Ciência E Tecnologia De Alimentos*, 32, 1, 34-42.

AGUILAR-PALAZUELOS, E., Zazueta-Morales, J. D. J., Jiménez-Arévalo, O. A., ve Martinez - Bustos, F. 2007. "Mechanical and structural properties of expanded extrudates produced from blends of native starches and natural fibers of henequen and coconut", *Starch/Staerke*, 59(11), 533–542.

AI, Y., Cichy, K. A., Harte, J. B., Kelly, J. D., ve Ng, P. K. W. 2016. "Effects of extrusion cooking on the chemical composition and functional properties of dry common bean powders", *Food Chemistry*, 211, 538–545.

ALTAN, A., McCarthy, K. L., ve Maskan, M. 2008b. "Twin-Screw Extrusion of Barley-Grape Pomace Blends: Extrudate Characteristics and Determination of Optimum Processing Conditions", *Journal of Food Engineering*, 89(1), 24-32.

ALTAN, A., McCarthy, K. L., ve Maskan, M. 2009a. "Effect of extrusion cooking on functional properties and in vitro starch digestibility of barley-based extrudates from fruit and vegetable by-products", *Journal of Food Science*, 74(2), E77–86.

ALTAN, A., McCarthy, K. L., ve Maskan, M. 2009b. "Effect of extrusion process on antioxidant activity, total phenolics and b-glucan content of extrudates developed from

barley-fruit and vegetable by-products”, *International Journal of Food Science and Technology*, 44(6), 1263–1271.

ALTAN, A., McCarthy, K.L., ve Maskan, M. 2008a. “Evaluation Of Snack Foods From Barley-Tomato Pomace Blends By Extrusion Processing”, *Journal Of Food Engineering*, 84, 231–242.

ALVAREZ-MARTINEZ, L., Kondury, K. P., ve Harper, J. M. 1988. “A General Model for Expansion of Extruded Products”, *Journal of Food Science*, 53(2), 609-615.

ANDERSON, R. A., Conway, H. F., Pfeifer, V. F., ve Griffin, E. L.1969. “Gelatinization of Corn Grits by Roll and Extrusion Cooking”, *Cereal Science Today*, 14, 372-376.

ARTZ, W. E., Warren, C., ve Villota, R. 1990. “Twin- Screw Extrusion Modification of a Corn Fiber and Corn Starch Extruded Blend”, *Journal of Food Science*, 55(3), 746-750.

BARRETT, A. M., ve Peleg, M. 1992. “Cell Size Distributions of Puffed Corn Extrudates”, *Journal of Food Science*, 57(1), 146- 148.

BASTO, G. J., Carvalho, C. W. P., Soares, A. G., Costa, H. T. G. B., Chávez, D. W. H., Godoy, R. L. de O., ve Pacheco, S. 2016. “Physicochemical properties and carotenoid content of extruded and non-extruded corn and peach palm (*Bactris gasipaes*, Kunth)”, *LWT - Food Science and Technology*, 69, 312–318.

BENÍTEZ, V., Mollá, E., Martín-Cabrejas, M. A., Aguilera, Y., López-Andréu, F. J., Cools, K., ve Esteban, R. M. 2011a. “Characterization of Industrial Onion Wastes (*Allium cepa* L.): Dietary Fibre and Bioactive Compounds” *Plant Foods for Human Nutrition*, 66(1), 48–57.

BENÍTEZ, V., Mollá, E., Martín- Cabrejas, M. A., Aguilera, Y., López- Andréu, F. J., ve Esteban, R. M. 2011b. “Effect of Sterilization on Dietary Fibre and Physicochemical Properties of Onion by- products”, *Food Chemistry*, 127(2), 501-507.

BETORET, E., Sentandreu, E., Betoret, N., Codoñer-Franch, P., Valls-Bellés, V., ve Fito, P. 2012. “Technological development and functional properties of an apple snack rich in flavonoid from mandarin juice”, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 16, 298–304.

BIGLIARDI, B., ve Galati, F. 2013. "Innovation trends in the food industry: The case of functional foods", *Trends in Food Science and Technology*, 31(2), 118–129.

BRENNAN, M. A., Monro, J. A., ve Brennan, C. S. 2008. "Effect of Inclusion of Soluble and Insoluble Fibres into Extruded Breakfast Cereal Products Made With Reverse Screw Configuration", *International Journal of Food Science & Technology*, 43(12), 2278- 2288.

BRENNAN, M. A., Derbyshire, E., Tiwari, B. K., ve Brennan, C. S. 2012. "Enrichment of extruded snack products with coproducts from chestnut mushroom (*Agrocybe aegerita*) production: Interactions between dietary fiber, physicochemical characteristics, and glycemic load", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60, 4396–4401.

BROOKMAN, J.S.G. 1975. "Further Studies on the Mechanism of Cell Disruption by Extreme Pressure Extrusion", *Biotechnology and Bioengineering*, 17, 465- 479.

CAROCHO, M., ve Ferreira, I. C. F. R. 2013. "A review on antioxidants, prooxidants and related controversy: Natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future perspectives", *Food and Chemical Toxicology*, 51(1), 15–25.

CHALERMCHAIWAT, P., Jangchud, K., Jangchud, A., Charunuch, C., ve Prinyawiwatkul, W. 2015. "Antioxidant activity, free gamma-aminobutyric acid content, selected physical properties and consumer acceptance of germinated brown rice extrudates as affected by extrusion process", *LWT - Food Science and Technology*, 64(1), 490–496.

CHANDRASEKARA, A., ve Shahidi, F. (2012). "Bioaccessibility and antioxidant potential of millet grain phenolics as affected by simulated in vitro digestion and microbial fermentation", *Journal of Functional Foods*, 4(1), 226–237.

CHANG, Y. K., Silva, M. R., Gutkoski, L. C., Sebio, L., ve Da silva, M. A. A. P. 1998. "Development of Extruded Snacks Using Jatobá (*Hymenia Stigonocarpa* Mart) Flour and Cassava Starch Blend", *Journal Science Food Agriculture*, 78(1), 59-66.

CHAU, C.F., Wen, Y. L., ve Wang, Y. T. 2006. "Effects of Micronization on the Characteristics and Physicochemical Properties of Insoluble Fibres", *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(14), 2380- 2386.

CHAU, C. F., Wang, Y. T., ve Wen, Y. L. 2007. "Different Micronization Methods Significantly Improve the Functionality of Carrot Insoluble Fibre", *Food Chemistry*, 100, 1402–1408.

CHEN, J., Liang, R-H., Liu, W., Liu, C-M., Li, T., Tu, Z-C., ve Wan, J. 2012. "Degradation of High-Methoxyl Pectin by Dynamic High Pressure Microfluidization and Its Mechanism", *Food Hydrocolloids*, 28(1), 121-129.

CHENG, Z., Su, L., Moore, J., Zhou, K., Luther, M., Yin, J.-J., ve Yu, L. 2006. "Effects of Post-Harvest Treatment and Heat Stress on the Antioxidant Properties of Wheat", *J. Agric. Food Chem.*, 54(15), 5623–5629.

CHESSARI, C. J., ve Sellahewa, J. N. 2001. "Effective Process Control in Extrusion Cooking: Technologies and Applications", R. Guy, Cambridge: Woodhead Publishing Limited & CRC Press LLC. Pp. 88-90.

CHOI, I. S., Cho, E. J., Moon, J-H., ve Bae, H-J. 2015. "Onion Skin Waste as a Valorization Resource for the by-Products Quercetin and Biosugar", *Food Chemistry*, 188, 537- 542.

CIRON, C. I. E., Gee, V. L., Kelly, A. L., ve Auty, M. A. E. 2010. "Comparison of the Effects of High-Pressure Microfluidization and Conventional Homogenization of Milk on Particle Size, Water Retention and Texture of Non-Fat And Low-Fat Yoghurts", *International Dairy Journal*, 20 (5), 314-320.

CIRON, C. I. E., Gee, V. L., Kelly, A. L., ve Auty, M. A. E. 2011. "Effect of Microfluidization of Heat-Treated Milk on Rheology and Sensory Properties of Reduced Fat Yoghurt", *Food Hydrocolloids*, 25, 1470-1476.

CONIDI, C., Rodriguez-Lopez, A. D., Garcia-Castello, E. M., ve Cassano, A. 2015. "Purification of artichoke polyphenols by using membrane filtration and polymeric resins", *Separation and Purification Technology*, 144, 153–161.

CALTINOĞLU Ç., Tonyalı B. Ve Şensoy I. 2013. "Effects of Tomato Pulp Addition on the Extrudates Quality Parameters and Effects of Extrusion on the Functional Parameters of the Extrudates", *International Journal of Food Science and Technology*, 49, 587- 594.

D'ANTUONO, I., Garbetta, A., Linsalata, V., Minervini, F., Cardinali, A., Matus-basto, A. J., ve Muñoz, R. 2015. "Polyphenols from artichoke heads (*Cynara cardunculus* (L.) subsp. *scolymus* Hayek): in vitro bio-accessibility, intestinal uptake and bioavailability", *Food and Function*, 6(4), 1268–1277.

DIMITRIOS, B. 2006. "Sources of natural phenolic antioxidants", *Trends in Food Science and Technology*, 17(9), 505–512.

DEGHAN-SHOAR, Z., Hardacre, A.K., Brennan., C.S. 2010. "The Physico-Chemical Characteristics Of Extruded Snacks Enriched With Tomato Lycopene", *Food Chemistry*, 123, 1117–1122.

DÍAZ, J.M.R., Sundarajan, L., Kariluoto, S., Lampi, A-M., Tenitz, S., ve Jouppila, K. 2013. "Effect Of Extrusion Cooking On Physical Properties And Chemical Composition Of Corn Based Snacks Of Partial Least Squares Regression", *Journal Of Food Process Engineering*, 1745-4530.

DÍNG, Q. B., Ainsworth, P., Plunkett, A., Tucker, G., ve 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.

DLAMINI, N. R., Taylor, J. R. N., ve Rooney, L. W. 2007. "The effect of sorghum type and processing on the antioxidant properties of African sorghum-based foods", *Food Chemistry*, 105(4), 1412–1419.

DOS REIS, L. C. R., de Oliveira, V. R., Hagen, M. E. K., Jablonski, A., Flores, S. H., ve de Oliveira Rios, A. 2015. "Carotenoids, flavonoids, chlorophylls, phenolic compounds and antioxidant activity in fresh and cooked broccoli (*Brassica oleracea* var. Avenger) and cauliflower (*Brassica oleracea* var. Alphina F1)", *LWT - Food Science and Technology*, 63(1), 177–183.

EMBUSCADO, M. E. 2015. "Spices and herbs: Natural sources of antioxidants - A mini review", *Journal of Functional Foods*, 18, 811–819.

ENGLYST, K. N., Englyst, H. N., Hudson, G. J., Cole, T. J., ve Cummings, J. H. 1999. "Rapidly available glucose in foods: An in vitro measurement that reflects the glycemic response", *American Journal of Clinical Nutrition*, 69 (3), 448–454.

EUSSEN, S. R. B. M., Verhagen, H., Klungel, O. H., Garssen, J., Van Loveren, H., Van Kranen, H. J., ve Rempelberg, C. J. M. 2011. "Functional foods and dietary supplements: Products at the interface between pharma and nutrition", *European Journal of Pharmacology*, 668 (SUPPL. 1), S2–S9.

ESTRADA-GIRÓN, Y., Martínez-Preciado, A. H., Michel, C. R., ve Soltero, J. F. A. 2015. "Characterization of Extruded Blends of Corn and Beans (*Phaseolus Vulgaris*) Cultivars: Peruano and Black-Querétaro under Different Extrusion Conditions", *International Journal of Food Properties*, 18(12), 2638–2651.

FALGUERA, V., Aliguer, N., ve Falguera, M. 2012. "An integrated approach to current trends in food consumption: Moving toward functional and organic products", *Food Control*, 26 (2), 274–281.

GAWLIK-DZIKI, U., Świeca, M., Dzik, D., Baraniak, B., Tomiło, J., ve Czyz, J. 2013. "Quality and antioxidant properties of breads enriched with dry onion (*Allium cepa* L.) skin", *Food Chemistry*, 138, 1621–1628.

GEBHARDT, R. 1997. "Antioxidative and protective properties of extracts from leaves of the artichoke (*Cynara scolymus* L.) against hydroperoxide-induced oxidative stress in cultured rat hepatocytes", *Toxicology and Applied Pharmacology*, 144(2), 279–86.

GHUMMAN, A., Kaur, A., Singh, N., ve Singh, B. 2016. "Effect of feed moisture and extrusion temperature on protein digestibility and extrusion behaviour of lentil and horsegram", *LWT - Food Science and Technology*, 70, 349–357.

GIBSON, L. J., ve Ashby, M. F. 1997. "Cellular Solids: Structure and Properties", Cambridge, Cambridge University Press.

GUPTA, P., ve Premavalli, K. S. 2010. "Effect of Particle Size Reduction on Physicochemical Properties of Ashgourd (*Benincasa Hispida*) and Radish (*Raphanus Sativus*) Fibres", *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 61, 18–28.

GU, L., House, S. E., Rooney, L. W., ve Prior, R. L. 2008. "Sorghum extrusion increases bioavailability of catechins in weanling pigs", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(4), 1283–1288.

GUI, Y., ve Ryu, G.-H. 2014a. "Effects of extrusion cooking on physicochemical properties of white and red ginseng (powder)", *Journal of Ginseng Research*, 38(2), 146–53.

GUI, Y., ve Ryu, G.-H. 2014 b. "Effects of extrusion cooking on physicochemical properties of white and red ginseng (powder)", *Journal of Ginseng Research*, 38(2), 146–53.

GUJRAL, H. S., Sharma, P., Kumar, A., ve Singh, B. 2012. "Total Phenolic Content and Antioxidant Activity of Extruded Brown Rice", *International Journal of Food Properties*, 15(2), 301–311.

HEDRÉN, E., Diaz, V., ve Svanberg, U. 2002. "Estimation of carotenoid accessibility from carrots determined by an in vitro digestion method", *European Journal of Clinical Nutrition*, 56(5), 425–430.

HELAL, A., Tagliacruzchi, D., Verzelloni, E., ve Conte, A. 2014. "Bioaccessibility of polyphenols and cinnamaldehyde in cinnamon beverages subjected to in vitro gastro-pancreatic digestion", *Journal of Functional Foods*, 7(1), 506–516.

HELENO, S. A., Martins, A., Queiroz, M. J. R. P., ve Ferreira, I. C. F. R. 2015. "Bioactivity of phenolic acids: Metabolites versus parent compounds: A review", *Food Chemistry*, 173, 501–513.

HOLE, A. S., Kjos, N. P., Grimmer, S., Kohler, A., Lea, P., Rasmussen, B., Sahlstrøm, S. 2013. "Extrusion of barley and oat improves the bioaccessibility of dietary phenolic acids in growing pigs", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(11), 2739–2747.

IGNAT, I., Volf, I., ve Popa, V. I. 2011. "A critical review of methods for characterisation of polyphenolic compounds in fruits and vegetables", *Food Chemistry*, 126, 1821–1835.

ILO, S., ve Berghofer, E. 1999. "Kinetics of Colour Changes During Extrusion Cooking of Maize Grits", *Journal of Food Engineering*, 39(1), 73-80.

JAIME, L., Mollá, E., Fernández, A., Martín- Cabrejas, M. A., López- Andréu, F. J., ve Esteban, R. M. 2002. "Structural Carbohydrate Differences and Potential Source of Dietary Fiber of Onion (*Allium Cepa* L.) Tissues", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(1), 122- 128.

JIN, Z., Hsieh, F., ve Huff, H. E. 1995. "Effects of Soy Fiber, Salt, Sugar and Screw Speed on Physical Properties and Microstructure of Corn Meal Extrudates", *Journal of Cereal Science*, 22(2), 185-194.

KEMP, S. E., Hollowood, T., ve Hort, J. 2009. "Sensory Evaluation A Practical Handbook", Oxford, UK: Wiley– Blackwell, Pp 849- 850.

KOWALSKI, R. J., Medina-Meza, I. G., Thapa, B. B., Murphy, K. M., ve Ganjyal, G. M. 2016. "Extrusion processing characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) var. Cherry Vanilla", *Journal of Cereal Science*, 70, 91–98.

KUMAR, K., Jindal, N., Sharma, S., ve Nanda, V. 2013. "Physico-chemical and antioxidant properties of extrudates developed from honey and barley", *International Journal of Food Science & Technology*, 48(8), 1750–1761.

LAGOUEYTE, N. ve Paquin, P. 1998. "Effects of Microfluidization on the Functional Properties of Xanthan Gum", *Food Hydrocolloids*, 12(3), 365–371.

LATTANZIO, V., Kroon, P., Linsalata, V., ve Cardinali, A. 2009. "Globe artichoke: A functional food and source of nutraceutical ingredients", *Journal of Functional Foods*, 1(2), 131–144.

LEE, E.Y., Ryu, G.H., Lim, S.T. 1999. "Effects Of Processing Parameters On Physical Properties Of Corn Starch Extrudates Expanded Using Supercritical CO₂ Injection", *Cereal Chemistry*, 76, 1, 63-69.

LEYVA-CORRAL, J., Quintero-Ramos, A., Camacho-Dávila, A., de Jesús Zazueta-Morales, J., Aguilar-Palazuelos, E., Ruiz-Gutiérrez, M. G., Melendez-Pizarro, C.O., ve de Jesús Ruiz-Anchondo, T. 2016. "Polyphenolic compound stability and antioxidant capacity of apple pomace in an extruded cereal", *LWT - Food Science and Technology*, 65, 228–236.

LLORACH, R., Espín, J. C., Tomás-Barberán, F. A., ve Ferreres, F. 2002. "Artichoke (*Cynara scolymus* L.) Byproducts as a potential source of health-promoting antioxidant phenolics", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 3458–3464.

LOMBARDO, S., Pandino, G., Mauromicale, G., Knödler, M., Carle, R., ve Schieber, A. 2010. "Influence of genotype, harvest time and plant part on polyphenolic composition of globe artichoke [*Cynara cardunculus* L. var. *scolymus* (L.) Fiori]", *Food Chemistry*, 119(3), 1175–1181.

LOMBARDO, S., Pandino, G., Ierna, A., ve Mauromicale, G. 2012. "Variation of polyphenols in a germplasm collection of globe artichoke", *Food Research International*, 46(2), 544–551.

LUE, S., Hsieh, F., ve Huff, H.E. 1991. "Extrusion Cooking of Corn Meal and Sugar Beet Fiber: Effects on Expansion Properties, Starch Gelatinization, and Dietary Fiber Content", *Cereal Chemist*, 68(3), 227-234.

LUTZ, M., Henríquez, C., ve Escobar, M. 2011. "Chemical composition and antioxidant properties of mature and baby artichokes (*Cynara scolymus* L.), raw and cooked", *Journal of Food Composition and Analysis*, 24, 49–54.

McCRAE, C. H. 1994. "Homogenization of Milk Emulsions—Use of Microfluidizer", *International Journal of the Society of Dairy Technology*, 47(1), 28–31.

MERT, B. 2012. "Using High Pressure Microfluidization to Improve Physical Properties and Lycopene Content of Ketchup Type Products", *Journal of Food Engineering*, 109(3), 579-587.

MINEKUS, M., Alminger, M., Alvito, P., Ballance, S., Bohn, T., Bourlieu, C., Carriere, F., Boutrou, R., Corredig, M., Dupont, D., Dufour, C., Egger, L., Golding, M., Karakaya, S., Kirkhus, B., Le Feunteun, S., Lesmes, U., Macierzanka, A., Mackie, A., Marze, S., McClements, D. J., Menard, O., Recio, I., Santos, C.N., Singh, R.P., Vegarud, G.E., Wickham, M.S.J., Weitschies, W., Brodkorb, A. . 2014. "A standardised static in vitro digestion method suitable for food – an international consensus", *Food and Function*, 5:1113–1124.

MURPHY, D. J. 2011. *Plants, biotechnology and agriculture*. Wallingford, Oxfordshire, UK: CABI. Pp. 84, 85.

MORARU, C. I., Kokini, J. L. 2003. "Nucleation And Expansion During Extrusion And Microwave Heating Of Cereal Foods", *Comprehensive Reviews In Food Science And Food Safety*, 2, 147–162.

NAYAK, B., Berrios, J. D. J., Powers, J. R., ve Tang, J. 2011. "Effect of extrusion on the antioxidant capacity and color attributes of expanded extrudates prepared from purple potato and yellow pea flour mixes", *Journal of Food Science*, 76(6), C874–83.

NG, A., Parker, M. L., Parr, A. J., Saunders, P. K., Smith, A. C., ve Waldron, K. W. 2000. "Physicochemical Characteristic of Onion (*Allium cepa* L.) Tissues", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(11), 5612–5617.

NORFEZAH, M.N., Hardacre, A., Brennan, C.S. 2011. "Comparison Of Waste Pumpkin Material And Its Potential Use In Extruded Snack Foods", *Food Science And Technology International*, 17, 367–373.

OBRADOVIĆ, V., Babić, J., Šubarić, D., Ačkar, D., ve Jozinović, A. 2014. Improvement of nutritional and functional properties of extruded food products", *Journal of Food and Nutrition Research*, 53(3), 189–206.

ORTEGA, N., Macià, A., Romero, M. P., Reguant, J., ve Motilva, M. J. 2011. "Matrix composition effect on the digestibility of carob flour phenols by an in-vitro digestion model", *Food Chemistry*, 124(1), 65–71.

PAI, D. A., Blake, O. A., Hamaker, B. R., ve Campanella, O. H. 2009. "Importance of Extensional Rheological Properties on Fiber-Enriched Corn Extrudates", *Journal of Cereal Science*, 50(2), 227-234.

PANDINO, G., Lombardo, S., ve Mauromicale, G. 2013. "Globe artichoke leaves and floral stems as a source of bioactive compounds", *Industrial Crops and Products*, 44, 44–49.

PANDINO, G., Lombardo, S., Mauromicale, G., ve Williamson, G. 2011. "Profile of polyphenols and phenolic acids in bracts and receptacles of globe artichoke (*Cynara cardunculus* var. *scolymus*) germplasm", *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(2), 148–153.

PARADA, J., ve Aguilera, J. M. 2007. "Food microstructure affects the bioavailability of several nutrients", *Journal of Food Science*, 72(2).

PORRINI, M., ve Riso, P. 2008. "Factors influencing the bioavailability of antioxidants in foods: A critical appraisal", *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 18(10), 647–650.

PARADA, J., Aguilera, J. M., ve Brennan, C. 2011. "Effect of guar gum content on some physical and nutritional properties of extruded products", *Journal of Food Engineering*, 103(3), 324–332.

PÉREZ-GREGORIO, M. R., García-Falcón, M. S., ve Simal-Gándara, J. 2011. "Flavonoids changes in fresh-cut onions during storage in different packaging systems", *Food Chemistry*, 124, 652–658.

PRASOPSUNWATTANA, N., Omary, M. B., Arndt, E. A., Cooke, P. H., Flores, R. A., Yokoyama, W., Toma, A., Chongcham, S., ve Lee, P. S. 2009. "Particle Size Effects on the Quality of Flour Tortillas Enriched With Whole Grain Waxy Barley", *Cereal Chemistry*, 86(4), 439- 451.

REHMAN, Z., Islam, M., ve Shah, W. H. 2003. "Effect of Microwave and Conventional Cooking on Insoluble Dietary Fibre Components of Vegetables", *Food Chemistry*, 80(2), 237- 240.

RIAZ, M. N. 2000. "Introduction to Extruders and Their Principles", *Extruders in Food Applications*, USA: CRC Press, Pp. 1-20.

ROBERFROID, M. B. 1999. "What is beneficial for health", *The concept of functional food. Food and Chemical Toxicology*, 37(9-10), 1039–1041.

ROBIN, F., Théoduloz, C., ve Srichuwong, S. 2015. "Properties of extruded whole grain cereals and pseudocereals flours", *International Journal of Food Science & Technology*, 50(10), 2152–2159.

RODRÍGUEZ-ROQUE, M. J., Rojas-Graü, M. A., Elez-Martínez, P., ve Martín-Belloso, O. 2014. "In vitro bioaccessibility of health-related compounds from a blended fruit juice-soymilk beverage: Influence of the food matrix", *Journal of Functional Foods*, 7(1), 161–169.

SAHIN, S., ve Sumnu, G. 2006. "Physical Properties of Foods", New York: Springer Press, Pp.92.

SAKAC, M., Torbica, A., Sedej, I., ve Hadnadev, M. 2011. "Influence of breadmaking on antioxidant capacity of gluten free breads based on rice and buckwheat flours", Food Research International, 44, 2806–2813.

SANGUANSRI, P., ve Augustin, M.A. 2006. "Nanoscale Materials Development - a Food Industry Perspective", Trends in Food Science & Technology, 17(10), 547- 556.

SAURA-CALIXTO, F., Serrano, J., ve Goni, I. 2007. "Intake and bioaccessibility of total polyphenols in a whole diet", Food Chemistry, 101(2), 492–501.

SARAWONG, C., Schoenlechner, R., Sekiguchi, K., Berghofer, E., ve Ng, P. K. W. 2014. "Effect of extrusion cooking on the physicochemical properties, resistant starch, phenolic content and antioxidant capacities of green banana flour", Food Chemistry, 143, 33–9.

SCHIRMER, M., Jekle, M., ve Becker, T. 2015. "Starch gelatinization and its complexity for analysis", Starch/Staerke, 67(1-2), 30–41.

SCHÜTZ, K., Kammerer, D., Carle, R., ve Schieber, A. 2004. "Identification and quantification of caffeoylquinic acids and flavonoids from artichoke (*Cynara scolymus* L.) heads, juice, and pomace by HPLC-DAD-ESI/MSn", Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52, 4090–4096.

SCHÜTZ, K., Persike, M., Carle, R., ve Schieber, A. 2006. "Characterization And Quantification Of Anthocyanins In Selected Artichoke (*Cynara Scolymus* L.) Cultivars by HPLC-DAD-ESI-MSn.", Anal Bioanal Chem., 384, 1511–1517.

SEĆZYK, Ł., Świeca, M., ve Gawlik-Dziki, U. 2015. "Nutritional and health-promoting properties of bean paste fortified with onion skin in the light of phenolic–food matrix interactions", Food Funct., 17–19.

SEDEJ, I., Sakač, M., Mandić, A., Mišan, A., Pestorić, M., Šimurina, O., ve Čanadanović-Brunet, J. 2011. "Quality assessment of gluten-free crackers based on buckwheat flour", LWT - Food Science and Technology, 44, 694–699.

SEIFRIED, H. E., Anderson, D. E., Fisher, E. I., ve Milner, J. A. 2007. "A review of the interaction among dietary antioxidants and reactive oxygen species", *Journal of Nutritional Biochemistry*, 18(9), 567–579.

SELANI, M.M., Brazaca, S. G. C., Santos Dias, C. T., Ratnayake, W. S., Flores, R. A., ve Bianchini, A. 2014. "Characterisation And Potential Application Of Pineapple Pomace In An Extruded Product For Fibre Enhancement", *Food Chemistry*, 163, 23-30.

SHARMA, P., Gujral, H. S., ve Singh, B. 2012. "Antioxidant activity of barley as affected by extrusion cooking", *Food Chemistry*, 131(4), 1406–1413.

SHARMA, P., Ramchiary, M., Samyor, D., ve Das, A. B. 2016. "Study on the phytochemical properties of pineapple fruit leather processed by extrusion cooking", *LWT - Food Science and Technology*, 72, 534–543.

SINGH, B., Sekhon, K. S., ve 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.

SINGH, J. P., Kaur, A., Shevkani, K., Singh, N., ve Singh, B. 2016. "Physicochemical characterisation of corn extrudates prepared with varying levels of beetroot (*Beta vulgaris*) at different extrusion temperatures", *International Journal of Food Science and Technology*, 51(4), 911–919.

SIRÓ, I., Kápolna, E., Kápolna, B., ve Lugasi, A. 2008. "Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance-A review", *Appetite*, 51(3), 456–467.

SOMPONG, R., Siebenhandl-Ehn, S., Berghofer, E., ve Schoenlechner, R. 2011. "Extrusion cooking properties of white and coloured rice varieties with different amylose content", *Starch - Stärke*, 63(2), 55–63.

SRIBURI, P. ve Hill, S. E. 2000. "Extrusion of Cassava Starch with Either Variations in Ascorbic Acid Concentration or pH", *International Journal of Food Science & Technology*, 35 (2), 141- 154.

STOJCESKA, V., Ainsworth, P., Plunkett, A., İbanoğlu, E., ve İbanoğlu, Ş. 2008a. "Cauliflower by-Products as a New Source of Dietary Fibre, Antioxidants and Proteins in

Cereal Based Ready-To-Eat Expanded Snacks”, *Journal of Food Engineering*, 87(4), 554-563.

STOJCESKA, V., Ainsworth, P., Plunkett, A., ve İbanoğlu, Ş. 2008b. “The Recycling of Brewer’s Processing By- Product Into Ready-To- Eat Snacks Using Extrusion Technology”, *Journal of Cereal Science*, 47, 469- 479.

STOJCESKA, V., Ainsworth, P., Plunkett, A., ve İbanoğlu, Ş. 2009. “The effect of extrusion cooking using different water feed rates on the quality of ready-to-eat snacks made from food by-products”, *Food Chemistry*, 114(1), 226–232.

TAGLIAZUCCHI, D., Helal, A., Verzelloni, E., ve Conte, A. 2012. “The type and concentration of milk increase the in vitro bioaccessibility of coffee chlorogenic acids” *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(44), 11056–11064.

TUNICK, M. H., Van Hekken, D. L., Cooke, P. H., Smith, P. W., ve Malin, E. L. 2000. “Effect of High Pressure Microfluidization on Microstructure of Mozzarella Cheese”, *LWT-Food Science and Technology*, 33(8), 538-544.

VIEIRA DA SILVA, B., Barreira, J. C. M., ve Oliveira, M. B. P. P. 2016. “Natural phytochemicals and probiotics as bioactive ingredients for functional foods: Extraction, biochemistry and protected-delivery technologies”, *Trends in Food Science & Technology*, 50, 144–158.

WIN, M. M., Abdul-Hamid, A., Baharin, B. S., Anwar, F., ve Saari, N. 2011. “Effects of roasting on phenolics composition and antioxidant activity of peanut (*Arachis hypogaea* L.) kernel flour”, *European Food Research and Technology*, 233, 599–608.

WANG, T., Sun, X., Zhou, Z., ve Chen, G. 2012. “Effects of Microfluidization Process on Physicochemical Properties of Wheat Bran, *Food Research International* 48(2), 742–747.

WANG, S., ve Copeland, L. 2013. “Molecular disassembly of starch granules during gelatinization and its effect on starch digestibility: a review”, *Food & Function*, 4(11), 1564–80.

WANG, T., Sun, X., Raddatz, J., ve Chen, G. 2013. "Effects of Microfluidization on Microstructure and Physicochemical Properties of Corn Bran", *Journal of Cereal Science*, 58(2), 355–361.

WANG, M., Simon, J. E., Aviles, I. F., He, K., Zheng, Q. Y., ve Tadmor, Y. 2003. "Analysis of antioxidative phenolic compounds in artichoke (*Cynara scolymus* L.)", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 601–608.

WANG, T., He, F., ve Chen, G. 2014. "Improving bioaccessibility and bioavailability of phenolic compounds in cereal grains through processing technologies: A concise review", *Journal of Functional Foods*, 7(1), 101–111.

WANI, S. A., ve Kumar, P. 2016. "Effect of Extrusion on the Nutritional, Antioxidant and Microstructural Characteristics of Nutritionally Enriched Snacks", *Journal of Food Processing and Preservation*, 40(2), 166–173.

WÓJTOWICZ, A., ve Mościcki L. 2011. "Effect Of Wheat Bran Addition And Screw Speed On Microstructure And Textural Characteristics Of Common Wheat Precooked Pasta-Like Products", *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 61, 2, 101-107.

WÓJTOWICZ, A., Kolasa A., ve Mościcki L. 2013. "Influence Of Buckwheat Addition On Physical Properties, Texture And Sensory Characteristics Of Extruded Corn Snacks", *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 63, 4, 239-244.

“

WÓJTOWICZ, A., Mościcki, L., Oniszczyk, T., Combrzyński, M., ve Mitrus, M. 2014. The Effect of Fiber Addition on the Extrusion-Cooking Stability and Quality of Enriched Corn Snacks.", *Teka. Commission Of Motorization And Energetics In Agriculture*, 14, 3, 141–146.

YADAV, K.C, Mishra, P., Dhungana, P. K., Rajbanshi, R. , Gartaula, G. ve Dhital, S. 2015. "Effects Of Incorporation Of Cassava Flour On Characteristics Of Corn Grit-Rice Grit-Chickpea Flour Blend Expanded Extrudates", *Africal Journal Of Food Science*, 9, 8, 448-455.

YAĞCI, S., ve Göğüş, F. 2008. "Response Surface Methodology For Evaluation Of Physical And Functional Properties Of Extruded Snack Foods Developed From Food-By-Products", *Journal of Food Engineering*, 86, 122-132.

YANNIOTIS, S., Petraki, A., ve Soumpasi, E. 2007. "Effect of Pectin and Wheat Fibers on Quality Attributes of Extruded Corn starch", *Journal of Food Engineering*, 80(2), 594-599.

YOO, J., Kim, Y., Yoo, S. H., Inglett, G. E., ve Lee, S. 2012. "Reduction of rutin loss in buckwheat noodles and their physicochemical characterisation", *Food Chemistry*, 132(4), 2107–2111.

YOUNESI, E., ve Ayseli, M. T. 2015. "An integrated systems-based model for substantiation of health claims in functional food development", *Trends in Food Science and Technology*, 41(1), 95–100.

ZHANG, D. ve Moore, W. R. 1997. "Effect of Wheat Bran Particle Size on Dough Rheological Properties", *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 74(4), 490-496.

ZHANG, G., ve Hamaker, B. R. 2009. "Slowly digestible starch: concept, mechanism, and proposed extended glycemic index", *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 49, 852–867.

ZHU, X., Zhang, H., ve Lo, R. 2004. "Phenolic Compounds From The Leaf Extract Of Artichoke (*Cynara Scolymus* L.) And Their Antimicrobial Activities", *J Agric Food Chem.*, 52, 24, 7272-7278.

ZHU, L. J., Shukri, R., Mesa-Stonestreet, N. J. D., Alavi, S., Dogan, H., ve Shi, Y- C. 2010. "Mechanical and Microstructural Properties of Soy Protein-High Amylose Corn Starch Extrudates in Relation to Physiochemical Changes of Starch During Extrusion", *Journal of Food Engineering*, 100(2), 232-238.

ZUORRO, A., Maffei, G., ve Lavecchia, R. 2016. "Reuse potential of artichoke (*Cynara scolimus* L.) waste for the recovery of phenolic compounds and bioenergy", *Journal of Cleaner Production*, 111, 279–284.

TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje Yürütücüsü:	Doç. Dr. İLKAY ŞENSOY
Proje No:	213O208
Proje Başlığı:	"Fonksiyonel Ürün Tasarımı : Gıda Yapısı, Gıda İşleme ve Biyoerişebilirlik Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi
Proje Türü:	Uluslararası
Proje Süresi:	24
Araştırmacılar:	SİBEL KARAKAYA
Danışmanlar:	
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi:	ORTA DOĞU TEKNİK Ü. MÜHENDİSLİK F. GIDA MÜHENDİSLİĞİ B.
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:	15/04/2014 - 15/10/2016
Onaylanan Bütçe:	279400.0
Harcanan Bütçe:	243844.06
Öz:	<p>Günümüzde gıda ve sağlık arasındaki ilişkinin önemini bilinmektedir. Bu nedenle bu çalışma fonksiyonel bileşen içeren ürün tasarlamayı amaçlamıştır. Bu amaçla fonksiyonel bileşen miktarı yüksek olan gıda işleme yan ürünlerinin çok tüketilen gıdalara eklenmesi ve sindirim sırasında doğal matrislerinden çıkamayan aktif bileşenlerin gıda işleme ile sindirim sisteminde daha ulaşılabilir hale getirilmesi planlanmıştır. Bu amaçla yeni ürünün hem fonksiyonel bileşen miktarı hem de biyoerişebilirliği incelenmiştir. Bunlara ek olarak yan ürün eklemenin üründeki nişasta sindirilebilirliğini ve ürün kalitesini nasıl etkilediği araştırılmıştır. Projede, örneklerin yerine göre fiziksel özellikleri, fonksiyonel özellikleri ve biyoerişebilirlikleri incelenmiştir. Fiziksel özellikler, renk, su tutma ve emme kapasitesi, genleşme özellikleri, jelatinizasyon, tekstür gibi analizlerle araştırılmıştır. Fonksiyonel özelliklerde ise antioksidan aktivitesi ve toplam fenol analizi çalışılmıştır. Biyoerişebilirlik için, soğan kabuğu tozu ile çalışılan örneklerde kuersetin incelenmiş, enginar yaprağı tozu çalışılan örneklerde ise sinarin incelenmiştir. Bu fenolik maddelerin in vitro sindirim öncesi ve sonrası ürünlerdeki durumu araştırılmıştır. Ayrıca, ürünlerin glisemik indisi bakılmıştır. Tüm bu analizler, farklı miktarlarda (% 3, % 6 ve % 9) eklenen soğan kabuğu tozu ve enginar yaprağı tozu için tekrarlanmıştır. Sonuçlar göstermektedir ki soğan kabuğu ve enginar yaprağı tozu ürünün fonksiyonel bileşik miktarını arttırmak için kullanılabilir. Ekstrüzyon işlemi kuersetin ve sinarin için in vitro biyoerişebilirliği artırıcı etki göstermiştir.</p>
Anahtar Kelimeler:	Ekstrüzyon, soğan kabuğu, enginar yaprağı, biyoyararlılık
Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu Mu?:	Hayır
Projeden Yapılan Yayınlar:	<p>1- Changes in antioxidant activity and quality of extrudates after addition of artichoke leaf powder. (Bildiri - Uluslararası Bildiri - Poster Sunum),</p> <p>2- Changes in antioxidant activity and quality of extrudates after addition of artichoke leaf powder. (Bildiri - Uluslararası Bildiri - Poster Sunum),</p> <p>3- Tonyalı, B.; Şensoy, İ. Soğan Kabuğu Tozu Eklemenin Ekstrüde Ürünlerdeki Fiziksel ve Duyusal Bileşenlere Etkisi (Bildiri - Ulusal Bildiri - Poster Sunum),</p> <p>4- Güven, Ö.; Şensoy, İ.; Şenyuva, H. Ekstrüzyon İşleminin Enginar Yaprığı Tozu Eklenmiş Ürünlerdeki Biyoaktif Bileşen Miktarına Etkisi. (Bildiri - Ulusal Bildiri - Poster Sunum),</p> <p>5- Changes in antioxidant activity and quality of extrudates after addition of artichoke leaf powder. (Bildiri - Uluslararası Bildiri - Poster Sunum),</p> <p>6- Guven, O.; Sensoy, I. and Senyuva, H. Changes in health promoting components after artichoke leaf powder addition and extrusion in the extrudates. (Bildiri - Uluslararası Bildiri - Poster Sunum),</p> <p>7- Tonyali, B. , Sensoy I & Mert B. The Effect of Onion Skin Powder Addition on Physical Parameters of Extrudates (Bildiri - Uluslararası Bildiri - Poster Sunum),</p> <p>8- Tonyali, B. and Sensoy, I. The Effect of Onion Skin Powder Addition on Extrudate Properties. The 3rd International Conference on Agricultural and Food Engineering, Oral Presentation, August 22-25, 2016 Kuala Lumpur, Malaysia. (Bildiri - Uluslararası Bildiri - Sözlü Sunum),</p>