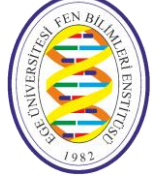




T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü



SEBZE TOZU EKLENMİŞ HAZIR ÇABUK ERİŞTE ÜRETİMİ

Yüksek Lisans Tezi

Ayşe Merve CUMHUR

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

İzmir
2021

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

SEBZE TOZU EKLENMİŞ HAZIR ÇABUK ERİŞTE ÜRETİMİ

Ayşe Merve CUMHUR

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Şebnem TAVMAN

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Yüksek Lisans Programı

İzmir

2021

Ayşe Merve CUMHUR tarafından yüksek lisans tezi olarak sunulan “SEBZE TOZU EKLENMİŞ HAZIR ÇABUK ERİŞTE ÜRETİMİ” başlıklı bu çalışma EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi'nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 26.01.2021 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

İmza

Jüri Başkanı : Prof.Dr. Şebnem TAVMAN

Raportör Üye: Doç. Dr. Seher KUMCUOĞLU

Üye : Doç. Dr. Ömer Said TOKER

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Sebze Tozu Eklenmiş Hazır Çabuk Erişte Üretimi” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

26/01/2021

Ayşe Merve CUMHUR

ÖZET

SEBZE TOZU EKLENMİŞ HAZIR ÇABUK ERİŞTE ÜRETİMİ

CUMHUR, Ayşe Merve

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Şebnem TAVMAN

Ocak 2021, 147 sayfa

Günümüzde değişen hayat şartlarına bağlı olarak insanların tüketim alışkanlıkları da değişmeye başlamıştır ve tüketime hazır makarna ürünleri bu anlamda çok tercih edilmektedir. Ekstrüzyon teknolojisi ile elde edilen bu ürünlerde pişme esnasında besinsel açıdan azalma olduğu için lif ve biyoaktif bileşenleri önemli miktarda içeren meyve, sebze ya da baklagiller ile zenginleştirmek son zamanlarda oldukça popüler bir yöntem haline gelmiştir.

Bu tez çalışmasında, tüketime hazır çabuk erişte ürünlerini kurutulmuş yeşil fasülye tozu, domates tozu ve balya tohumu tozu ile zenginleştirmek amaçlanmıştır. Yapılan ön denemeler sonucunda, belirli formülasyonlarda hazırlanan karışım ekstrüdere beslenmiştir ve ısı ceketli ön ısıtıcı ile vidalı pişirme varilini geçtikten sonra kalıptan çıkışı sağlanmıştır. Kurutulmuş sebze tozları % 4, % 8 ve % 12 oranlarında kullanılmış ve sebze tozları içeren makarnalar 80°C ile 100°C ekstrüder kalıp sıcaklıklarında üretilmiştir.

Çalışma sonucunda, kurutulmuş sebze tozu oranlarının ve kalıp sıcaklığının çift vidalı ekstrüder ile üretilen zenginleştirilmiş çabuk makarnaların kalite parametreleri (pişme özellikleri, tekstürel parametreler, renk, mikroyapı, antioksidan aktivite, toplam fenolik madde miktarı, β -karoten ve likopen içeriği, duyuusal özellikler) üzerindeki etkisi incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda; kurutulmuş sebze tozu oranındaki artışın pişme süresi, su absorplama kapasitesi ve (L) değerlerinde azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir. Sıcaklık ile ürünlerin (L) değerleri azalmış ve (a) değeri artmıştır. Domatesli ürünlerde (a) değeri, β -karoten ve likopen içeriği domates tozu oranının artmasıyla artmış ancak kalıp sıcaklığının artmasıyla azalmıştır. Tüm zenginleştirilmiş erişte ürünlerinde kullanılan toz oranı arttıkça antioksidan aktivite ve toplam fenolik içerik artmıştır. Genel kabul puanları 5.10 ile 7.40 arasında değişmiş; yeşil fasulye ve domatesli çabuk eriştelere duyuusal olarak genel kabul açısından 7.40 ile en yüksek puanı almış ve en çok tercih edilen ürün grupları olmuştur. Bu çalışma sonuçları, eriştelerin sebze tozları ile besinsel ve fonksiyonel açıdan zenginleştirilebileceğini göstermektedir.

Anahtar sözcükler: Ekstrüzyon pişirme, zenginleştirilmiş tüketime hazır erişte, kurutulmuş bitkisel ürün, sebze tozu, fonksiyonel gıda

ABSTRACT

VEGETABLE POWDER ADDED NOODLE PRODUCTION

CUMHUR, Ayşe Merve

MSc in Food Eng.

Supervisor: Prof. Dr. Şebnem TAVMAN

January 2021, 147 pages

Today, with the changing life conditions, people's consumption habits have also started to change, and ready-to-eat noodle products have been highly preferred in this sense. Since there is a nutritional reduction during extrusion in these products enriching them with fruits, vegetables or legumes that contain good fiber and bioactive components has recently become a very popular method.

In this thesis, it was aimed to enrich ready-to-eat instant pasta products with dried green bean powder, tomato powder and okra seed powder. As a result of the preliminary tests, the mixture prepared in certain formulations was fed to the extruder and passed the heat jacketed preconditioner and then this mixture released from the barrel. Dried vegetable powders were used at the rates of 4%, 8% and 12% and the feed mixture was cooked at the extruder barrel temperature of 80°C and 100°C.

As a result of the study, the effect ratio of dried vegetable powder and barrel temperature were determined on the quality parameters (cooking properties, textural parameters, color, microstructure, antioxidant activity, total phenolic content, β -carotene and lycopene content, sensory properties) of enriched instant pastas produced with a twin-screw extruder were determined. As a result of the analysis; it was determined that the increase in the ratio of dried vegetable powder caused a decrease in cooking time, water absorption capacity and (L) values. As the temperature increased, the (L) values of the products decreased and the (a) value increased. In tomato noodles, the (a) value, β -carotene and lycopene content increased with increasing tomato powder ratio, but decreased with increasing extruder temperature. As the rate of powder used in all enriched pasta products increased, antioxidant activity and total phenolic content increased. General acceptance scores ranged from 5.10 to 7.40; green beans and tomato noodles had the highest score with 7.40 in terms of sensory acceptance and these products were the most preferred product groups. The results of this study show that noodles can be fortified nutritionally and functionally with vegetable powders.

Keywords: Extrusion cooking, enriched ready-to-eat noodle, dried vegetable, vegetable powder, functional food

ÖNSÖZ

Günümüzde, tüketicilerin pratik şekilde tüketilebilecek ve çabuk ulaşılabilecek gıda ürünlerine olan eğilimlerinin artması, bu tez konusunu seçmemizde büyük etkiye sahiptir. Ekstrüzyon teknolojisi çabuk makarna, bebek mamaları, kahvaltılık gevrekler, atıştırılabilir gıda ürünleri gibi sektörlerde çokça tercih edilen popüler bir teknolojidir. Fakat yoğun yaşam koşullarında tüketiciler bir yandan çabuk şekilde gıdaya ulaşmak isterken bir yandan da tüketilen ürünlerin görece daha sağlıklı, besinsel açıdan daha etkin durumda olmasını tercih etmeye ve bu yönde gıda alımına özen göstermeye başlamışlardır. Bu amaçla gıda sektörü ve akademik çalışmalarda ekstrüder ile üretilen ürünlerde fonksiyonel açıdan zenginleştirmeye gidildiği görülmektedir. Zenginleştirme için vitamin, mineraller, biyoaktif bileşenler, yüksek protein içeriği vb. özellikler açısından en uygun gıdalar bitkisel ürünler olmaktadır. Bu tez çalışmasında ise biyoaktif bileşenler, lif, protein, vitamin ve mineraller açısından zengin olan kurutulmuş yeşil fasulye tozu, domates tozu ve bamya tohumu tozu erişte ürünlerini zenginleştirme amacıyla belli oranlarda kullanılmıştır. Ekstrüderde sorun yaşamadan, tıkanma olmadan bir üretim gerçekleştirebilmek için karışım nemi, kullanılan ürünlerin özellikleri ve oranları büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle ürün çeşitlerine karar verildikten sonra pek çok ön deneme yapılmıştır. Özverili bir süreçten sonra ürünler elde edilmiş ve amaca uygun olarak analizler yapılmıştır. Sonuçta tüketici tarafından da kabul edilebilecek, fonksiyonel özelliklere sahip, sağlıklı çabuk erişteler elde edilmiştir.

İZMİR

26/01/2021

Ayşe Merve CUMHUR



İÇİNDEKİLERSayfa

İÇ KAPAK	ii
KABUL VE ONAY SAYFASI.....	iii
ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
ÖNSÖZ.....	xi
İÇİNDEKİLER.....	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xv
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xviii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xix
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	4
2.1. Ekstrüzyon Teknolojisi ve Tarihsel Gelişimi	4
2.1.1. Ekstrüzyon Tekniğinin Gıda Endüstrisindeki Kullanım Alanları ve Kullanım Amaçları	7
2.1.2. Gıda Üretiminde Kullanılan Ekstrüderler.....	10
2.1.3. Ekstrüzyon Pişirme	18
2.1.4. Ekstrüzyon ile Elde Edilen Ürünleri Değerlendirme.....	23
2.2. Meyve, Sebze ve Bakliyatların Ekstrüzyon Teknolojisinde Kullanımı..	41
2.2.1. Atıştırmalık Gıda Ürünleri.....	52
2.2.2. Makarna Ürünleri.....	55
2.2.3. Bebek ve Küçük Çocuk Gıdaları	57
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	60
3.1. Materyal.....	60
3.2. Yöntem	60
3.2.1. Örnek Hazırlama.....	62
3.2.2. Ürün Bileşimi.....	62
3.2.3. Ekstrüzyon Pişirme	63
3.2.4. Ürünlerde Yapılan Fiziksel Analizler	66

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.2.5. Ürünlerde Yapılan Kimyasal Analizler	68
3.2.6. Ürünlerde Yapılan Duyusal Analizler	72
3.2.7. Taramalı Elektron Mikroskopisi (SEM).....	72
3.2.8. İstatistiksel Analizler	73
4. BULGULAR	74
4.1. Sistem Parametrelerinin Ürünlerin Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi .	74
4.1.1. Pişme Özellikleri	74
4.1.2. Tekstür Özellikleri.....	85
4.1.3. Renk Özellikleri	96
4.2. Ekstrüzyon Parametrelerinin Ürünlerin Kimyasal Özelliklerine Etkisi	104
4.2.1. Antioksidan Aktivite ve Toplam Fenolik Madde Miktarı.....	104
4.2.2. β -Karoten ve Likopen Miktarları	112
4.3. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Görüntüleri	115
4.4. Ekstrüzyon Parametrelerinin Ürünlerin Duyusal Özelliklerine Etkisi .	116
5. SONUÇ.....	119
KAYNAKLAR DİZİNİ	121
TEŞEKKÜR	146
ÖZGEÇMİŞ	147

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Ekstrüzyon teknolojisinin tarihsel gelişimi	5
2.2. Gıda yan ürünleri/atıklarının meydana gelmesi ve endüstride kullanımı.....	9
2.3. Gıda ekstrüderi	12
2.4. Tek vidalı ekstrüdere ait şematik gösterim.....	14
2.5. Çift vidalı ekstrüdere ait vidaların görüntüsü	16
2.6. Çift vidalı ekstrüdere ait şematik gösterim.....	17
2.7. Hammadde özellikleri, proses değişkenleri ve ürün karakteristikleri arasındaki ilişkiler.....	22
2.8. Bir ekstrüde ürünün hammadde karışımından tüketim aşamasına gelinceye kadar geçtiği basamaklar	45
2.9. Bamya sebzesi ve bamya tohumu.....	49
3.1. Zenginleştirilmiş çabuk erişte üretimi akış şeması.....	61
3.2. Erişte ürünlerinin üretiminde kullanılan gıda ekstrüderi ve bölümleri.....	65
3.3. Toplam fenolik madde miktarı analizi için oluşturulan kalibrasyon grafiği.....	70
4.1. 80°C'de üretilen erişte ürünlerinde kullanılan toz oranlarının, pişme özelliklerine etkisine ait grafikler	77

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)Sayfa

- 4.2. 100°C’de üretilen erişte ürünlerinde kullanılan toz oranlarının, pişme özelliklerine etkisine ait grafikler 78
- 4.3. Ekstrüder kalıp sıcaklığının, ürünlerin pişme özelliklerine etkisi. 84
- 4.4. Sabit sıcaklık koşullarında, erişte ürünlerinde kullanılan toz oranlarının sertlik değerine etkisi. 86
- 4.5. Sabit sıcaklık koşullarında, erişte ürünlerinde kullanılan toz oranlarının sakızimsılık değerine etkisi..... 87
- 4.6. Sabit sıcaklık koşullarında, erişte ürünlerinde kullanılan toz oranlarının bağlılık ve elastikiyet üzerine etkisi..... 88
- 4.7. Sabit sıcaklık koşullarında, erişte ürünlerinde kullanılan toz oranlarının yapışkanlık üzerine etkisi..... 89
- 4.8. Ekstrüder kalıp sıcaklığının, erişte ürünlerinin sertlik değerine etkisi. 93
- 4.9. Ekstrüder kalıp sıcaklığının, ürünlerin sakızimsılık, bağlılık, elastikiyet ve yapışkanlık özelliklerine etkisi. 94
- 4.10. Sebze tozu oranının, eriştelerin (L) değeri üzerine etkisi..... 98
- 4.11. Sebze tozu oranının, eriştelerin (a) değeri üzerine etkisi. 98
- 4.12. Sebze tozu oranının, eriştelerin (b) değeri üzerine etkisi 99
- 4.13. Ekstrüder kalıp sıcaklığının, ürünlerin (L) değeri üzerine etkisi..... 101
- 4.14. Ekstrüder kalıp sıcaklığının, ürünlerin (a) değeri üzerine etkisi 101
- 4.15. Ekstrüder kalıp sıcaklığının, ürünlerin (b) değeri üzerine etkisi 102

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)Sayfa

- 4.16. Sabit sıcaklık koşullarında üretilen erişte ürünlerinde sebze tozu oranlarının, % antioksidan aktiviteye etkisi 106
- 4.17. Sabit sıcaklık koşullarında üretilen erişte ürünlerinde sebze tozu oranlarının, toplam fenolik madde içeriğine etkisi 107
- 4.18. Ekstrüder kalıp sıcaklığının, zenginleştirilmiş erişte ürünlerinde antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde içeriğine etkisi. 109
- 4.19. Domatesli erişte ürünlerine ait β -karoten ve likopen miktar içeriği..... 113

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Ekstrüzyon pişirme ile elde edilen ve çeşitli sebze/meyve/bakliyat ile zenginleştirilmiş ürünlerde yapılan bazı çalışmalar... ..	43
3.1. Erişte ürünlerine ait kodlama ve formülasyonları.	63
3.2. Antioksidan aktivitenin belirlenmesi.....	69
3.3. Spektrofotometrik analiz için oluşturulmuş basamaklar tablosu.....	71
4.1. Erişte ürünlerinde kullanılan hammaddelere ait kimyasal içerikler.	74
4.2. Tüketime hazır çabuk erişte örneklerine ait pişme özellikleri.....	75
4.3. Tüketime hazır çabuk erişte örneklerine ait renk verileri.....	97
4.4. Zenginleştirilmiş erişte ürünlerinin % antioksidan aktiviteleri ve toplam fenolik madde içerikleri.....	105
4.5. Domatesli erişte ürünlerine ait β -karoten ve likopen içeriği	112
4.6. Erişte ürünlerine ait duyu analizi sonuçları.....	118

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
b.ü.t.e.	Bitkisel ürün tozlu erişte
L*	CIE parlaklık değeri
a*	CIE yeşil ve kırmızılık değeri
b*	CIE mavi ve sarı değeri
AACC	American Association of Cereal Chemists
SEM	Taramalı elektron mikroskobu
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
CIE	Commission Internationale de l'Eclairage
TPA	Tekstür Profil Analizi
DPPH	2-2-difenil-1-pikrilhidrazil
WAI	Su Absorpsiyon İndeksi
WSI	Suda Çözünürlük İndek

1. GİRİŞ

Ekstrüzyon, son yüzyılın en önemli yeniliklerinden biri olmakla beraber, genellikle polimer ve plastik, metal, gıda ve yem, kâğıt-değirmencilik endüstrileri gibi hem gıda hem gıda dışı pek çok farklı işleme endüstrilerinde tercih edilmektedir (Rosentrater ve Evers, 2018). Gıda endüstrisinde ekstrüder kullanımının, ilk defa 1900'lü yıllarda aperatif gıda üretmek için olduğu bilinmekte olup zaman içinde gıda ürünlerinde kullanım alanı oldukça genişlemiştir (Tığa, 2018).

Beslenme, insanların yaşamak için zorunlu alışkanlıklarındandır. Yüzyıllar boyunca, yiyecekleri pişirmek ve işlemek için dünyanın pek çok yerinden insanlar, farklı pratik teknikler ve beceriler geliştirmiştir. Özellikle son yıllarda bu gelişmelerle birlikte, ekstrüzyonla pişirme, köklü bir endüstriyel teknoloji haline gelmiştir (Maskan ve Altan, 2012). Ayrıca günümüzde artan çalışma zamanı, hayat koşuşturması ve sınırlı boş vakit olarak karakterize edilen mevcut yaşam biçimi, insanları hızlı bir şekilde tüketebilecekleri gıdalara yöneltmiştir. Çocukların da, lezzetli ve tüketime hazır şekilde onlarca çeşidi bulunan atıştırmalık ürünlerine her zaman ilgi duyduğu dünya çapında bilinen bir gerçektir. Dolayısıyla, gıda endüstrileri çeşitli süreçler kullanarak tüketime hazır ürünlerin üretimini artırmıştır (Bisharat vd., 2013).

Ekstrüzyon pişirme, materyalin yüksek sıcaklık-yüksek basınçta taşındığı, karıştırıldığı ve bir kalıptan atmosferik sıcaklık ve basınç altında çıkarken şekil aldığı kısa süreli bir işlemdir (Ajita, 2018). İşlem esnasında jelatinleşme, çözünme, kompleks nişasta oluşumu, proteinlerin polimerizasyonu ve açılması, enzimlerin

kısmen veya tamamen inaktivasyonu (çalışma koşullarına göre), mikrobiyal yükün azalması meydana gelir ve bu sayede ekstrüzyon teknolojisi; makarnalar, evcil hayvan yemleri, balık yemleri, tekstüre bitkisel proteinler, ekmekler, atıştırılmalıklar, krutonlar, çorba karışımları, içecek tozları, bisküviler, şekerleme ürünleri gibi birçok gıda ve endüstriyel ürünü elde etmek için en çok tercih edilen proses olarak sahada yerini almıştır (Rosentrater and Evers, 2018). Ekstrüzyon sırasında gıda hammaddeleri, nem kombinasyonu ile vidalı-varil düzeneğinde termo-mekanik olarak pişirilir, basınç ve sıcaklık altında mekanik olarak kesilip şekillendirilir ve tüm bu süreç sırasında gıda bileşenleri birçok kimyasal ve yapısal dönüşüm geçirirler (Rodriguez-Miranda vd., 2011). Nihai ürünlerin kalitesi; ekstrüder tipi, besleme nemi, besleme hızı, varil bölümlerindeki sıcaklık profili ve vida hızı gibi proses koşullarına bağlıdır (Morales vd., 2015).

Ekstrüzyon teknolojisinin, gıda endüstrisinde tercih edilme sebeplerinin çok olmasının yanısıra, pişirme esnasında ürünlerin besin değerinde azalma görülmektedir (Awolu vd., 2015). Bu nedenle gıda endüstrileri bir yandan bu teknolojiyi kullanırken bir yandan da araştırmacılar bu ürünlerin nasıl daha teşvik edici ve masum hale getirilebileceği hakkında araştırmalara girişmiştir. Dolayısıyla insanların hızlı öğünlerinde tükettikleri gıdaların, lif ve biyoaktif bileşen açısından zenginleştirilmesi için çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Alam vd., 2016; Gbenyi vd., 2016; Wani ve Kumar, 2016; Nakhon vd., 2018; Atukuri vd., 2018; Wang vd., 2016; Spinelli vd., 2019).

Makarna, dünya çapında tüm insanlığın beslenmesinde önemli bir kısmı oluşturan, çok temel ve basit bir üründür (International Pasta Organization, 2014).

Hazır erişteler ise, makarnaların uzun pişirme sũrelerini kısaltması ve pratik bir yiyecek olması bakımından tũketiciler tarafından oldukça tercih edilen bir ũrũn grubu haline gelmiştir.

Bu çalışmada amaç; belli oranlarda kurutulmuş yeşil fasulye tozu, domates tozu ve bamyaya tohumu tozu ile zenginleştirilmiş, ekstrũzyon teknolojisi ile pişirilmif tũketime hazır ekstrũde erişte ũretmektir. Sıcak ekstrũzyon yũntemi ile; karıştırma, yoğurma, pişirme ve Şekil verme işlemleri gerçekleştirilmiş; fırında kurutma sonucu tũketime hazır erişte elde edilmiştir. Çalışma kapsamında ekstrũzyon parametrelerinin, farklı sebze tozları ve konsantrasyonlarının ũrũn kalitesine etkisi incelenmiştir.

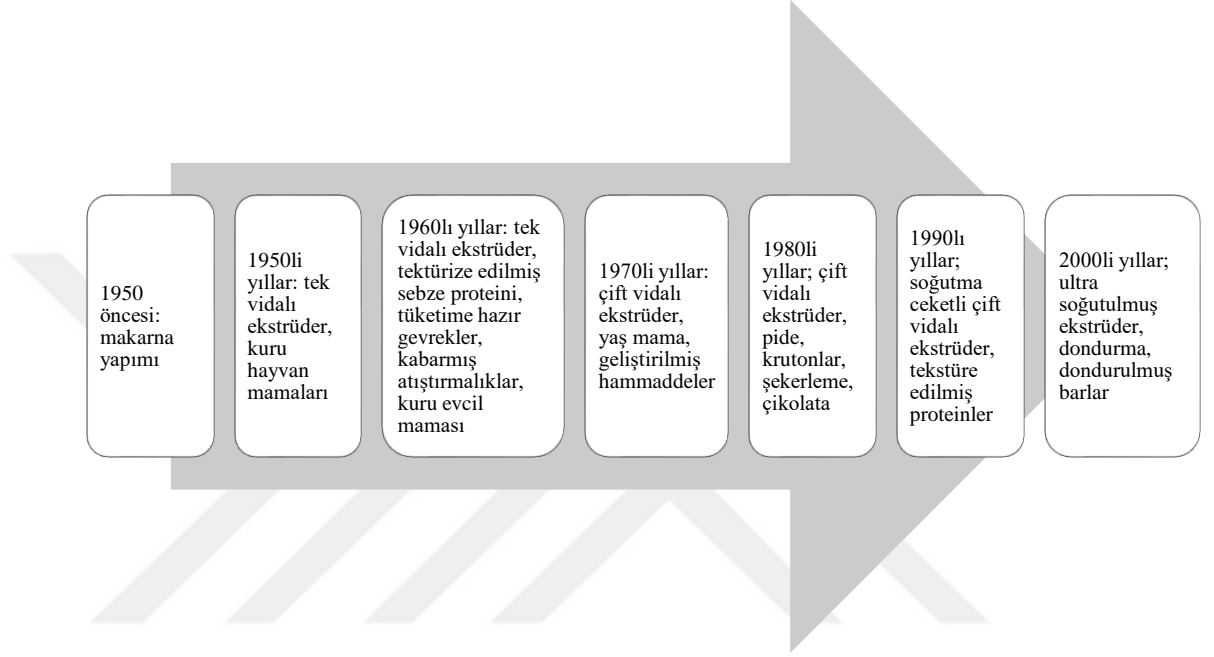
2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Ekstrüzyon Teknolojisi ve Tarihsel Gelişimi

"Ekstrüzyon", Latince ekstrudere kelimesinden gelmekte olup, dışarı itme eylemi anlamı taşımaktadır. Mühendislikte, bir malzemeyi dar bir boşluktan zorlama işlemini anlatmakta olup, dış macununu bulunduğu tüpten dışarıya itirmek, ekstrüzyon için en anlaşılabilir tanımlardandır (Berk, 2017). Ekstrüzyon ile üretim termomekanik bir süreç olup, bu süreç; pişirme, sterilizasyon, kurutma, tekstüre etme, taşıma, şişirme, karıştırma, yoğurma, konçlama gibi işlemleri ve bunları gerçekleştirmek için gerekli olan termal enerji aktarımları ve prosesdeki kütle aktarımlarını kapsamaktadır (Ajita, 2018). Diğer gıda işleme teknolojilerine oranla ekstrüzyon teknolojisi çok yönlülüğü, yüksek verimliliği, düşük maliyeti, enerji verimliliği ve az miktarda atık su oluşumu gibi özellikleri sayesinde son yıllarda çok tercih edilen bir teknoloji haline gelmiştir (Maskan ve Altan, 2012). Ekstrüder; bir pompa, bir ısı eşanjörü ile sürekli bir yüksek basınçlı-yüksek sıcaklık reaktörüdür ve hepsi tek bir ekipmanda bir araya getirilmiştir. Ekstrüzyon işleminin kökenleri, polimer bilimi ve teknolojisine dayanmakta olup gıda-yem, kağıt, plastik gibi farklı endüstrilerde tercih edilen önemli bir teknolojidir (Akhtar vd., 2015). Gıda ekstrüzyon sistemlerinin temel teknolojisi uzun süredir değişmemiş olmakla birlikte yeni uygulamalar, kullanım verimliliği ve tasarım; gıda işlemeyi daha basit, daha güvenilir, kullanıcı müdahalesine bağlı olarak kendi kendini düzelten sürekli bir süreç haline getirmiştir (Maskan ve Altan, 2012).

Ekstrüzyon işlemlerinin gıdalara resmi uygulamaları 1930'larda başlamıştır ve bu teknolojinin gelişimi; makarna, erişte, atıştırmalık ürün gibi gıdaları işleme

mühendisliğinde son 50 yılda elde edilen en önemli başarılarından birini temsil etmektedir (Berk, 2017). Ayrıca bu teknoloji endüstrinin yanı sıra, akademik çalışmalarda da önemli derecede yerini almıştır (Tiğa, 2018). Gıdalarda ekstrüder pişirmenin tarihsel gelişimi Şekil.2.1’de görülmektedir.



Şekil 2.1. Ekstrüzyon teknolojisinin tarihsel gelişimi (Berk, 2017).

Son yıllarda popüler bir hale gelen bu teknoloji; karıştırma, ısıtma, kesme gibi birçok işlemin birleştirildiği, hamurun kalıptan itildiği bir proses olarak tanımlanmakta olup, sistem içindeki materyallerin akışı, bu materyallerin kendi aralarındaki ısı transferleri ve prosesteki kütle transferinden oluşan bir taşıma sistemidir (Ajita, 2018). Sürekli bir pişirme, karıştırma ve şekillendirme işlemi olarak ekstrüzyonla pişirme, gıda işlemede çok yönlü ve çok verimli bir teknolojidir (Maskan ve Altan, 2012). Ekstrüzyonla ürün elde etmenin son yıllarda popüler olmasının sebepleri; çok çeşitte ürün üretilebilmesi yani çok yönlülüğü, diğer

üretim metotlarına göre düşük maliyeti ve yüksek verimliliği olarak açıklanmaktadır. Ayrıca düşük nemli bir proses olan ekstrüzyonla pişirme sonucu önemli proses atıkları oluşmamakla beraber, su arıtma maliyetleri ve çevre kirliliği seviyeleri azalmaktadır (Akhtar vd., 2015).

Gıda ekstrüzyonu, malzemeyi küçük bir açıklıktan basınçla zorlayarak hammaddeyi istenilen şekil ve formda ürüne dönüştüren bir işlemdir. Ekstrüzyon teknolojisi uzun yıllardır gıdanın işlenmesinde kullanılmaktadır. Ana rolleri, hamur ve macunlar gibi işlenmiş hammaddelerin akışkan formlarını taşımak ve şekillendirmek için geliştirilmiştir. Hazır tahıllar, bazı atıştırmalıklar, kuru veya yaş evcil hayvan mamaları, şekerleme ürünleri, makarna ürünleri, et analogları ve tekstüre soya proteini ürünleri gibi gıda ürünleri ekstrüzyonla pişirme ile üretilebilir (Ajita, 2018). Geleneksel pişirme veya hamur işleme ile karşılaştırıldığında nispeten düşük nemli bir işlemdir. Kullanılan normal nem seviyeleri, ıslak ağırlık esasına göre % 10-40 aralığındadır (Akhtar vd., 2015). Bu düşük nem oranlarına rağmen, hammadde kütlesi bir sıvıya dönüştürülür ve bileşenleri karıştırmak ve yeni işlevsel formlara dönüştürmek için bir dizi işleme tabi tutulur. Bu işlem koşulları altında; partikül boyutu, sertliği, sürtünme özellikleri ile sıvıların kayganlık ve plastikleştirme gücü gibi hammaddelerin fiziksel özellikleri, diğer gıda ve yem proseslerinden daha önemli hale gelir. Bir ekstrüzyon işleminin en önemli özelliği, sürekli doğasıdır (Awolu vd., 2015). Giriş değişkenlerinin çıktılarla dengelendiği dinamik bir sabit durum dengesinde çalışır. Bu nedenle, bir ekstrüdatta gerekli özellikleri elde etmek için, çok değişkenli girdilerin, elde edilen son ürünün sahip olduğu fiziksel ve kimyasal özelliklerini içeren bağımlı değişkenleri istenen seviyede verecek şekilde, doğru seviyelerde ayarlanması

gerekir. Bu bağımlı sistem değişkenleri, ürün değişkenlerinde yansıtılan ekstrüdat değişkenlerini belirler (Ajita, 2018).

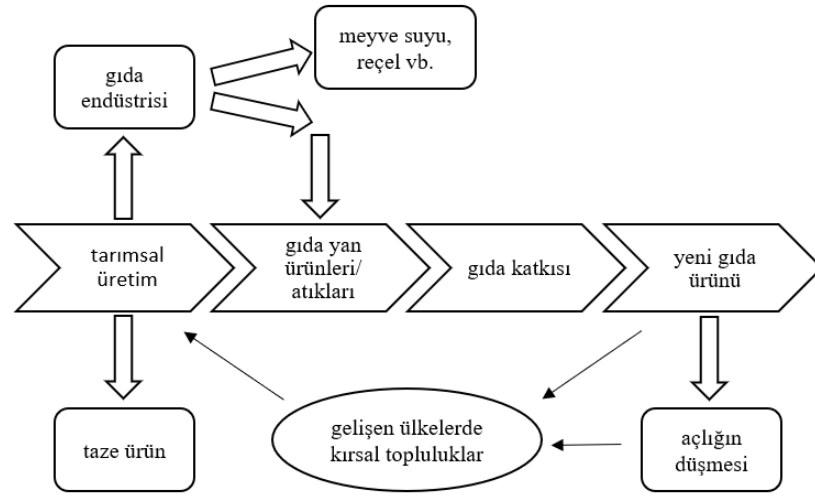
2.1.1. Ekstrüzyon Tekniğinin Gıda Endüstrisindeki Kullanım Alanları ve Kullanım Amaçları

İnsanlığın temel ihtiyaçlarından olan beslenme; költürlere ve yaşam koşullarına göre değişmekte olup, gıdalar üzerinde dünyanın farklı bölgelerinde çok farklı pişirme teknikleri uygulanmaktadır (Akhtar vd., 2015). Gıda ekstrüzyon teknolojisi son yıllarda atıştırmalık gıda ürünleri, tüketime hazır çabuk çorba, erişte ürünleri, bebek ve çocuk gıdaları gibi pek çok ürün grubunda tercih edilmektedir (Tiğa, 2018). Bu durumda, hem yaşam koşullarının tüketicileri hızlı ve çabuk gıdalara yönlendirmesi hem de ekstrüzyonun tek adımlı, sürekli, çok yönlü bir teknik olması, enerji tüketiminin az olması ve az emek gerektirmesi, üretimin verimli ve son ürünün ucuz olması, az miktarda atık su oluşması, yeni teknolojilerden olması, yüksek sıcaklık-kısa süreli işleme yöntemi olması gibi diğer teknolojilere göre olumlu özelliklerinin olması etkilidir (Akhtar vd., 2015). Ekstrüzyondan önce şartlandırma, formülasyon, modifikasyon, temizleme gibi hazırlama işlemleri ve ekstrüzyondan sonra ise kurutma, kızartma, tat verici bileşenlerin eklenmesi gibi bitirme basamakları gerçekleştirilir.

Ekstrüzyon işlemleri, herhangi bir endüstrideki ana hedeflerden biri olan yeni ürünlerin geliştirilmesini destekleyen formülasyonları değiştirmek açısından geleneksel pişirme işlemlerine göre uygun bir alternatiftir (Mario vd., 2017).

Ekstrüzyon pişirme teknolojisi sayesinde makarna, erişte, bebek mamaları, kahvaltılık tahıllar, atıştırmalık gıda ürünleri, şekerlemeler, tekstüre edilmiş proteinli gıda ürünleri, evcil hayvan mamaları gibi geniş çeşitlilik aralığında gıda ürünlerinin üretimi daha kolaylaşmıştır (Tiğa, 2018). Özellikle atıştırmalık gıdalar, kahvaltılık tahıl gevrekleri gibi lif açısından zengin ürünlerin üretilmesinde çokça tercih edilmektedir. Fakat ekstrüzyon pişirmede ürünlerin besin değerinde azalma görülmektedir ve bu nedenle gıda işleme esnasında lif ve biyoaktif bileşen açısından zenginleşmeye yardımcı olacak ürünler ilave edilmektedir. Ekstrüzyon yöntemi ile pişirilmiş ürünleri bu yönde zenginleştirmek için Ovando-Martinez vd., (2009) ham muz tozu, Silva vd., (2013) brokoli tozu, Rajesvari vd., (2013) soğan tozu, Lu vd., (2018) mantar tozunu çalışmalarına dahil etmişlerdir. Son zamanlarda çok dikkat çeken amarant ve kinoa da besinsel değerlerinden dolayı Cardenes vd., (2016) ile Bastos vd., (2016) tarafından tercih edilmiştir. Glutensiz ürün üretiminde de bu teknoloji tercih edilmekte olup birçok baklagil unu, enginar, havuç, brokoli, ayçekirdeği, sarı biber, kırmızı biber gibi sebze tozları, soya ile zenginleştirilmiş pirinç unu, patates püresi/unu ile ilgili çalışmalar olmuştur (Maskan ve Altan, 2012). Giuberti vd., (2015) pirinç unu ve farklı oranlarda bezelye unları ile, Cappa vd., (2017) patates ve patates türevleri ile, Patino-Rodriguez vd., (2018) ise olgunlaşmamış muz, mısır ve nohut unları ile çalışmış ve çölyak hastaları için ekstrüzyon teknolojisi kullanarak glutensiz ürün üretmeyi amaçlamışlardır. Ayrıca kırmızı/beyaz et, süt ve süt ürünleri, meyve/sebze ve balık endüstrisinde işleme esnasında oluşan yan ürün ve atıkların değerlendirilmesinde de ekstrüzyon teknolojisi ciddi derecede katkı sağlamaktadır (Waldron, 2007). Gıda yan ürün/atıklarının ekstrüzyon tekniğinde değerlendirilme sebepleri olarak; gıda

endüstrisinin insan sağlığına zararlı etkileri olan fazla miktarda yan ürün/atık oluşturması (Helkar ve Sahoo, 2016), hızlı nüfus artışı sonucunda atıkların oluşumunun da artması ve bu durumun çevreye zarar vermesi, açlığın yüksek olduğu ülkelerde insanlara zenginleştirilmiş ürünler verebilme isteği (Torres-Leon vd., 2018) gösterilmektedir. Bu amaçla Surasani, (2016) balık endüstrisi, Sharma vd., (2016) pirinç endüstrisi yan ürünleri ile çalışmışlardır. Meyve sebze endüstrisinde elma, şeftali, portakal, domates, muz posası ve kabuğu, soğan kabuğu, kayısı, üzüm, nar çekirdeği ve posalarının ekstrüdere girecek olan karışıma belli oranlarda ilaveleri ile çeşitli ürünler elde edilmektedir (Maskan ve Altan, 2012).



Şekil 2.2. Gıda yan ürünleri/atıklarının meydana gelmesi ve endüstride kullanımı (Waldron, 2007)

Şekil 2.2’de görüldüğü üzere tarımsal olarak elde edilen ürünler ya taze ürün olarak satışa sunulmakta ya da gıda endüstrisinde kullanılmaktadır. Meyve ve sebzeler hasat edilirken atıklar ortaya çıkmakta ve taze meyve ve sebzeler hemen tüketilmediği takdirde çürüyüp israfa ve ekonomik kayba neden olmaktadır. Ayrıca endüstride işleme yapılırken de belli süreçlerde yan ürün oluşmaktadır. Bu yan ürün

ya da atıklar zenginleştirilmiş ürün üretiminde değerlendirildiği zaman hem çevreye zarar azalmakta hem açlık problemi yaşayan toplumlara faydası olmakta hem de israf azalmaktadır (Waldron, 2007).

Piştirme ekstrüzyonunun bir diğer kullanım faydası olarak ürün eldesinde kullanılan hammaddelerin sterilizasyonu ve üründe aflatoksin gibi ısıya dayanıklı toksinlerin inaktivasyonunun sağlanması açıklaması yapılmaktadır. Çünkü ekstrüzyon piştirme gerçek bir yüksek sıcaklık - kısa süreli işlemdir (Saalia ve Phillips, 2011).

Sonuç olarak ekstrüzyon teknolojisi gıda endüstrisinde kolay kolay vazgeçilemeyecek bir teknolojidir ve bu durumda ekstrüzyonun diğer yöntemlere göre oldukça olumlu yanlarının bulunması, elde edilen ürün yelpazesinin çok geniş olması etkili olmuştur.

2.1.2. Gıda Üretiminde Kullanılan Ekstrüderler

Bir kalıp haznesi ile basit bir vidanın tasarımı, ilk olarak MÖ 287-212'de yaşamış olan Yunan matematikçi ve fizikçi Arşimet Sirakuz'a aittir (Berk, 2017). Bu basit tasarım daha sonra metal imalatı, seramik, beton, plastik ve plastik olmayan polimerler gibi malzeme bilimleri ve son olarak da gıda ve yem endüstrileri dahil olmak üzere birçok farklı endüstrinin temel taşı haline gelmiş ve son iki yüzyılda ekstrüderler uzun bir yol kat etmiştir ve Joseph Bramah, 1797'de, bir kurşun boru yapmak için ilk ekstrüzyon patentini almıştır (Ramachandra rao ve Thejaswini, 2015). Daha sonrasında gıda alanı başta olmak üzere ekstrüderler çok

çeşitli ürün üretiminde tercih edilmeye başlamış ve popüler hale gelmiştir. Taşıma mekanizmasına göre vidalı, pistonlu veya silindirik ekstrüder olmak üzere ekstrüder çeşitleri bulunmaktadır. Hepsi arasında, vidalı ekstrüderler gıda işleme endüstrisinde en popüler olanlardır ve sabit bir kovan içinde dönen tek, çift veya çoklu vidalarla çalışmaktadır (Maskan ve Altan, 2012). Ekstrüderler esnek makinelerdir ve çeşitli gıda, yem ve endüstriyel ürünler üretmek için kullanılır. Esnekliğe izin veren şey, çok çeşitte kalıp şekilleri ve boyutları kullanarak çok fazla türde ürün üretilmesidir. Ekstrüzyonun temel amaçlarından biri şekillendirmektir. Makarna ürünlerinin ekstrüzyonla şekillendirilmesine ek olarak, artık hamur ürünleri, şeker çubukları, çikolata topları, dondurma çubukları ve daha fazlasını oluşturmak için özel ekstrüder türleri kullanılmaktadır. Ortak bir kalıptan iki farklı kütlenin ekstrüzyonu olan ko-ekstrüzyon, doldurulmuş rulolar ve çok fazlı atıştırmalıklar gibi kompozit ürünlerin üretimi için yaygın olarak kullanılmaktadır (Berk, 2017).

Gıda uygulamalarında vidalı ekstrüzyon baskın olmakla beraber, ekstrüderler çift vidalı ve tek vidalı olarak ikiye ayrılmaktadır. Çift vidalı ekstrüderler daha karmaşıktır fakat tek vidalı ekstrüderlere göre daha kontrollü bir üretim yapılmasına olanak sağlarlar (Tiğa, 2018). Ayrıca vidalı ekstrüderler için amacına göre de iki kategori tanımlanmaktadır (Maskan ve Altan, 2012): a) Şekillendirme ekstrüderleri: bu ekstrüderde çok düşük basınç bulunmaktadır ve pişirme için termal enerji kullanılmamaktadır. Bu ekstrüderler, bir kalıp vasıtasıyla ürün elde etmek için tasarlanmıştır. b) Pişirici ve yüksek basınçlı ekstrüderler: Bu ekstrüderler, hamur karışımının kalıptan çıkmadan önce 3.4×10^3 – 13.8×10^3 kPa

aralığında değişen yüksek basınç ile muamele edilmesi ve termal enerji verilmesi için tasarlanmıştır.

Ekstrüderler temelde besleme, ön şartlandırma sistemi, vida, varil, kalıp ve kesme mekanizmalarından oluşmaktadır. Vida, kovan ve kalıp konfigürasyonuna göre değişiklik gösterebilirler. Ekstrüderin vidası, sadece pişirme derecesini, jelatinleşmesini ve nişasta ve protein denatürasyonunun dekstrinizasyonunu belirlemek için değil, aynı zamanda en önemli bileşenidir. Bu öğelerin her birinin seçimi, kullanılan hammaddeye ve istenen nihai ürüne bağlı olacaktır (Ramachandra rao ve Thejaswini, 2015). Şekil 2.3'te bir gıda ekstrüderi yer almaktadır.



Şekil 2.3. Gıda ekstrüderi

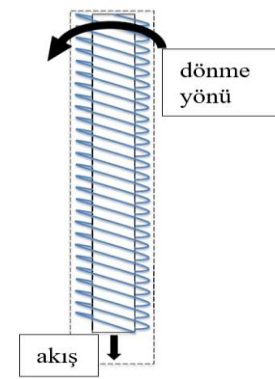
Besleme bölümünde, ekstrüder sabit bir besleme hızında ham, kuru malzemelerle beslenir. Ekstrüzyon işleminin verimli ve tekdüze çalışması için, hammaddelerin ekstrüdere sürekli ve kesintisiz beslenmesi önem arz etmektedir. Besleme yapıldıktan sonra pişirme, basınç ve şekil verme aşamasından önce hamur

benzeri bir kıvam oluşturmak için bir sıvı ile karıştırılır. Ön şartlandırma, ekstrüzyon pişirmenin önemli bir noktasıdır. Ön şartlandırmada belli bir süre boyunca hammaddelerin buhar ve su ile temas halinde olması gerekmektedir. Bir süre beklemenin önemi, ürünlerde hidrasyonu tam anlamıyla sağlayabilmektir. Ayrıca ekstrüder içindeki alıkonma sürelerini azaltır ve iş hacmini artırır, kovan ve vida bileşenlerinin aşınmasındaki azalmaya bağlı olarak ekipmanın ömrünü uzatır ve ayrıca proseste yer alan enerji maliyetlerini düşürür. Belirlenen kalıp sıcaklıklarında pişirilen karışım, hamurun artık şekil alarak çıktığı kalıp kısmına gelir. Kalıp bölümü son bölümdür. İşleme bağlı olarak, tek bir çıkış deliği kadar basit veya ekstrüder içindeki erimiş hamurun akışkan dinamiklerini barındırmak için çeşitli bölmeler ve yollarla ekstrüderin kendisi kadar ayrıntılı olabilir (Maskan ve Altan, 2012).

2.1.2.1. Tek Vidalı Ekstrüderler

İlk pişirme ekstrüderleri tek vidalı makineler olup, en son ve yeni kurulumlar artık çift vidalı ekstrüderlerde olsa da hala bazı işlemlerde tek vidalı ekstrüderler de tercih edilmektedir (Berk, 2017). Daha az karmaşık hammadde ve düşük maliyet gerektiren ekstrüzyon işlemleri genellikle tek vidalı tasarımlarla gerçekleştirilirken, daha yüksek sabit bir verimi işleyen ve daha karmaşık bileşenlerle uğraşan gıda işleme uygulamalarında çift vidalı ekstrüderler önerilmektedir (Alam ve Aslam, 2021). Tek vidalı pişirme ekstrüderleri, ısıtma için kesme ve mekanik enerji girişini artırmak amacıyla yüksek hızlarda dönen sıkıştırıcı vida ve azalan kanal derinliğine sahiptir. Bir ürünün ısınması, ortaya çıkan sürtünme ile tetiklenir. Kapasite ve verimliliği artırmak için, ön koşullandırıcıda bileşenlerin ekstrüdere girmeden önce

buhar ekleyerek önceden ısıtılması yaygındır (Akhtar vd., 2015). Tek vidalı ekstrüderin gıda işleme endüstrisindeki ilk büyük ticari uygulaması irmiğin makarnaya dönüştürülmesi olmuştur (Rosentrater ve Evers, 2018). Bu düşük kesmeli, düşük sıcaklıkta şekillendirme işlemi ilk olarak 1920'ler ve 30'larda ticari üretim haline gelmiştir. Geleneksel makarna ürünleri bu tek vidalı ekstrüderler ile sadece nemlendirilmiş karışımı birbirine bağlamak ve istenen şekli oluşturmak için gerekli seviyeye işlemek amaçlı kullanılmıştır (Akhtar vd., 2015). Tüketime hazır kahvaltılık gevrekler üretmek için ise tek vidalı ekstrüderler ilk olarak 1960larda kullanılmış ancak kovan içindeki malzemeler taşınırken kaygan veya yapışkan malzemelerin iletilmesinde sorunlar yaşanmıştır (Rosentrater ve Evers, 2018). Şekil 2.4'te tek vidalı ekstrüdere ait görsel yer almaktadır.



Şekil 2.4. Tek vidalı ekstrüdere ait şematik gösterim (Rosentrater ve Evers, 2018)

Tek vidalı ekstrüderler genellikle daha ucuzdur ve evcil hayvan yemlerinde ve atıştırılmalıklarda kullanımlarının sonucu başarılı olsa da kullanımı zor formülasyonlar ve işlevsel talepler olan uygulamalar için fiziksel olarak yetersiz kalır. Bu tür zorlu koşullar altında, kabul edilebilir süreç performansı, kararlılığı ve tutarlı ürün kalitesi sağlamayabilir (Maskan ve Altan, 2012). Tek vidalı

ekstrüderler, ekstrüdatı kalıptan ittirmek için sabit bir kovan içinde yalnızca bir döner vida kullanır. Bu ekstrüderler, hamur eriyiğini kalıba doğru hareket ettiren ve dolayısıyla basıncı yükselten sürüklenme altındaki akışa dayanır (Berk, 2017). Eriyiğin ileri hareketi sürtünmeli çekme akışına, eriyik taşıma bölgelerindeki viskoz çekme akışına ve dönme hızına bağlı olmaktadır (Maskan ve Altan, 2012). Hareket hızı daha düşük ve sürtünme kuvveti yüksek olursa, ileri hareket daha iyi kuvvette olur. Çapraz kanal akışı olarak bilinen vidalı kanatlar arasında malzemenin devridaim akışı, kovan içindeki bileşenlerin sürekli karışmasını sağlarken ileri hareketine net bir katkıda bulunmaz. Bu nedenle tam tahıllar, mısır irmikleri ve pirinç patlakları gibi kahvaltılık tahıl ve atıştırmalık gıda üretiminde kullanılan yüksek sürtünme katsayısına sahip ham maddeler, tek vidalı ekstrüderlerde iyi bir çekme akışı sergilemektedir (Ajita, 2018). Çünkü bu hammaddeler yüksek sürtünme katsayısına sahiptir ve dolayısıyla maksimum kalıp basınçlarında pozitif itirme ile ekstrüzyon pişirmeyi sağlar. Yüksek kalıp basınçları nedeniyle, geri yönde basınç akışı olarak bilinen bir akış genellikle tek vidalı ekstrüderlerde görülür. Bu aynı zamanda bileşenlerin uygun şekilde karıştırılmasına da yardımcı olur (Alam ve Aslam, 2021).

2.1.2.2. Çift Vidalı Ekstrüderler

Tipik bir çift vidalı ekstrüder, bir kovan içinde sıkıca dönen aynı veya ters yönlü çift vida içerir. Çift vida, enine kesiti sekiz şeklinde olan bir kovandaki iki paralel vidadan oluşur. Gıda işleme için çift vidalı ekstrüderlerin kullanımı, 1970'lerde başlayıp 1980'lerde artan sayıda uygulamalara erişmiştir (Akhtar vd., 2015). Çift vidalı ekstrüderler, tek vidalı makinelere göre daha pahalı olsalar da sundukları

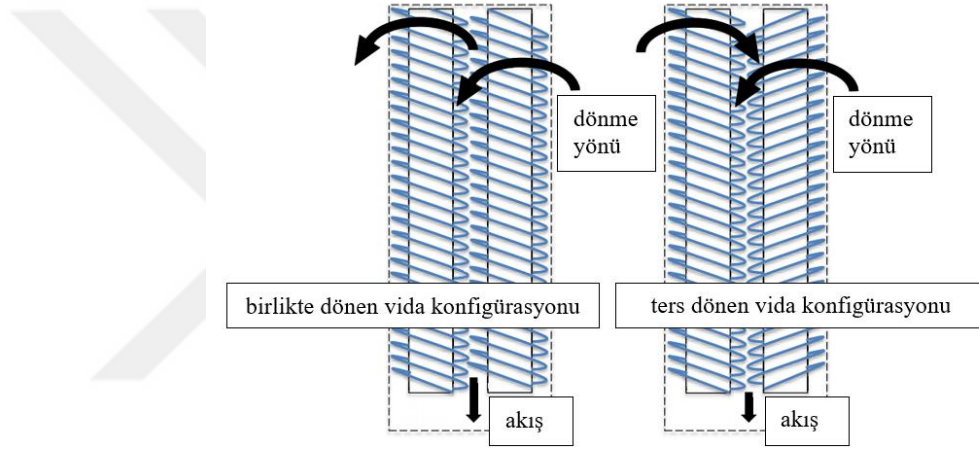
kalite kontrol ve işleme esnekliği derecesi onları gıda endüstrisinde oldukça tercih edilebilir hale getirmiştir (Alam ve Aslam, 2021). Tek ve çift vidalı ekstrüderler arasındaki temel fark, vidaların taşıma özellikleri ile ilgilidir. Tek vidalı ekstrüderlerde kovan içindeki eriyiğin taşınması esnasında yapışkan malzemelerin iletilmesinde sorunlar yaşanırken, çift vidalı ekstrüderler pozitif bir pompalama etkisine sahiptir ve birçok türde viskoz malzemeyi daha verimli şekilde taşıyabilmektedir (Berk, 2017). Ayrıca çift vidalı ekstrüderler, tek vidalı ekstrüderlere göre daha yüksek kapasitede çalışır. Bu nedenle genellikle gıda endüstrisinde kullanım için en çok seçilen çeşittir (Rosentrater ve Evers, 2018). Şekil 2.5'te bir çift vidalı gıda ekstrüderine ait vidalar görülmektedir.



Şekil 2.5. Çift vidalı gıda ekstrüderine ait vidaların görüntüsü

Çift vidalı ekstrüder uygulamaları, çikolata kaplamalarını, şekerleri, sakızları, enzim modifikasyon sürecini vb. içermektedir (Ajita, 2018). Dört tip çift vidalı ekstrüder bulunmaktadır: (i) İç içe geçmeyen, birlikte dönen (ii) İç içe geçmemiş, ters yönde dönen (iii) İç içe geçmiş, birlikte dönen (iv) İç içe geçmiş, ters yönde dönen. Bu dört tip çift vidalı ekstrüderden birlikte dönen, birbirine geçen vidalı tip gıda endüstrisinde en geniş kabulü bulmuştur (Akhtar vd., 2015). Dönüş yönlerine göre ikiye ayrılan çift vidalı ekstrüderlerden ters dönüşlü olanlarına bazı örnekler bulunmakla birlikte, bunlar, düşük karıştırma özellikleri, içerdiği yüksek

basınç ve daha az ekonomik olmaları nedeniyle normalde gıda uygulamalarında kullanılmamaktadır. Aynı yönde dönen çift vidalı ekstrüderler ise daha yüksek hızlarda çalıştırılabilir ve gelişmiş hammadde karışımı sağlar. Böyle bir sistemde, eriyik bir vidadan diğerine aktarılır ve akış, tek vidalı bir ekstrüderde olduğu gibi, ittirme ve pozitif yer değiştirme akışının bir kombinasyonu etkisiyle gerçekleşir (Alam ve Aslam, 2021). Şekil 2.6'da aynı yönde ve ters yönde dönen çift vida konfigürasyonları gösterilmektedir.



Şekil 2.6. Çift vidalı ekstrüdere ait şematik gösterim (Rosentrater ve Evers, 2018)

Çift vidalı ekstrüderlerde, ürünün tamamen yer değiştirmesi ve kalıba doğru ileri yönde sürekli taşınması meydana gelir ve bu nedenle ürün karışımı tek vidalı ekstrüderlere göre daha az süre sistemde kalmaktadır. Bu durum ise pişirme işlemini diğer pişirme yöntemlerine kıyasla daha verimli ve hızlı hale getirir (Rosentrater ve Evers, 2018). Bu ekstrüderlerin işleyişi, daha yüksek neme sahip karışımlar gibi tek vidalı ekstrüderlerin iyi performans gösteremediği uygulamalar ile genişletilmiştir (Maskan ve Altan, 2012). Çift vidanın bir diğer avantajı; bu ekstrüderlerde çok ince tozlardan tanelere kadar olan geniş bir partikül boyutu

aralığında malzeme kullanılabilmesi, kendinden silme özellikleri nedeniyle temizlenmelerinin kolay olmasıdır (Akhtar vd., 2015). Kendi kendini silme, kalıntı birikmesi riskini azaltır. Ayrıca çift vidalı ekstrüderlerde karıştırma ve pompalama verimi daha iyidir ve malzemenin akış özelliklerine daha az bağlıdır. Kovan yüzeyinden malzemeye olan ısı değişim oranı daha hızlı ve daha üniformdur. Vida ve kovanın esnek modüler konfigürasyon olasılığı sayesinde, çift vidalı ekstrüder daha çok yönlü bir makinedir. Çift vidalı ekstrüderlerin görece dezavantajları ise; daha yüksek maliyetli olması (sermaye ve işletme maliyeti daha fazladır) ve daha karmaşık bir sisteme sahip olması, dolayısıyla daha az sağlam olmasıdır (Berk, 2017).

2.1.3. Ekstrüzyon Pişirme

Ekstrüzyonla pişirme, ürünün bileşimi ve kalite parametreleri üzerinde kontrol kolaylığı sağlayan, fonksiyonel gıdaların üretimi için en uygun teknolojilerden biri olup, bitki ve hayvan yan ürünlerinin de besin bileşenlerinden yararlanma potansiyeline sahiptir (Maskan ve Altan, 2012). Günümüz tüketicilerinde artan sağlık bilinci ile, gıdalar artık temel beslenmenin ötesinde iyileştirilmiş ve sağlık yararları sağlayacak şekilde değiştirilmektedir. Bu teknoloji sayesinde, değerli fitokimyasallar, mineraller ve vitaminler gıda formülasyonlarına dahil edilerek, hastalık riskinin azaltılması ve gıdaya ulaşmada sorun olan toplulukların refahının artırılmasını teşvik etmek mümkün olmuştur (Sharma vd., 2016). Hazır yiyecekler, kahvaltılık gevrekler, toz içecek karışımları, galeta unları, makarna, sakız, modifiye nişasta, tekstüre sebze proteinleri, et analogları, evcil hayvan mamaları gibi özel gereksinimleri karşılayan çok çeşitli gıda ürünlerini elde etmek; ekstrüzyonla

pişirme sayesinde mümkün hale gelmiştir (Alam ve Aslam, 2021). Bu yiyecekler toplu olarak "işlevsel yiyecekler" olarak bilinmektedir araştırmacıların ilgisini çekmektedir. Bir gıda bileşeninin temel beslenmeden daha fazlasına hizmet etmesi için uygun şekilde modifikasyonuna veya eklenmesine izin veren birkaç gıda işleme işlemi vardır. Ekstrüzyonla pişirme, bir gıdanın uygun şekilde modifikasyonuna imkan sağlayan birkaç gıda işleme yöntemlerinden biri olup, işlevsel gıdaların ürün özelliklerinin daha iyi kontrolünü sağlaması, karışımın uygun ve ekonomik olarak formüle edilmesi nedeniyle çok tercih edilmektedir (Maskan ve Altan, 2012). Çok yönlülüğü, değişkenlerin iyi derecede kontrolü, yüksek kapasitesi, düşük enerji maliyetleri, atık su oluşumunun olmaması, işlemlerin sürekliliği ve uyarlanabilirliği sayesinde, ekstrüzyonla pişirme, yüksek kaliteli, daha iyi beslenmeye sahip benzersiz şekil ve özellikte yeni gıda ürünlerinin tasarımı ve geliştirilmesi için popüler hale gelmiştir. Modifiye edilmiş bir yapıya sahip ekstrüde edilmiş ürünlerin de daha iyi bir çözünürlük, şişme gücü, su tutma kapasitesi, su hidrasyonu ve viskozite sergilediği bildirilmiştir (Alam ve Aslam, 2021). Ayrıca genleşme, gevreklik ve genel ağız hissi dahil olmak üzere farklı dokusal avantajları olan bir ürün yelpazesi sağladığı için de geleneksel yöntemlere kıyasla daha çok tercih edilir (Felix-Medina vd., 2020).

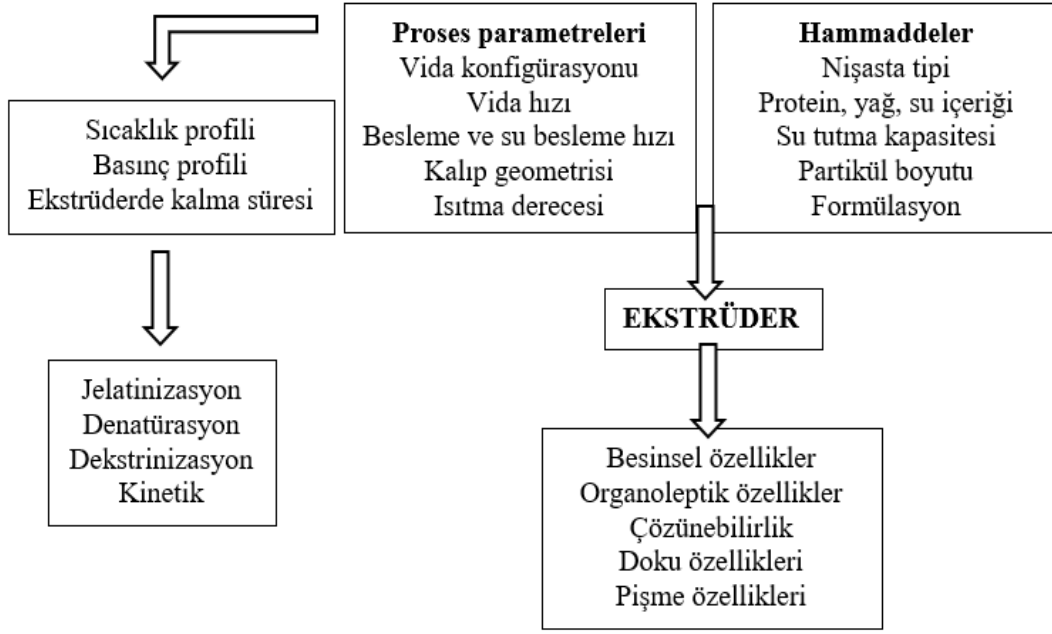
Ekstrüderlerin temel tasarımı, ürünün çıkışının olduğu kalıp adı verilen bir açıklık ile dönen bir Arşimet vidasını sıkıca çevreleyen sabit bir varilden oluşur. Bir ekstrüder, bir varilin sınırları içinde dönen bir vida sistemine bağlıdır ve sistem sürekli bir şekilde işlemektedir (Rosentrater ve Evers, 2018). Öğütülmüş ham maddeler, bir besleme hunisi yoluyla gönderilir, sıkıştırıldıkları ve yüksek sıcaklık ve basınçta kesildikleri bir pişirme bölgesine taşınır ve viskoz bir sıvı eriyik halinde

bu bölgeden geçerler (Berk, 2017). Ekstrüder, eriyiği (veya su doğrudan ekstrüdere eklenir) ısıtarak kalıbın ucundaki küçük kalıp açıklıklarından geçirirken şekillendirir. Eriyik geçişinde gerekli olan yüksek sıcaklıkları elde etmek için, hammaddelere yüksek ısı girdisi sağlanmalıdır. Bu yüksek sıcaklık, sürtünme ve viskoz etkilerin neden olduğu vidadan mekanik enerjinin dağıtılmasıyla, ön koştandırma sırasında veya ekstrüzyon sırasında besleme karışımına buharın enjekte edilmesiyle ve bazen kovan veya vidanın ısıtılmış bölümlerinden ısı iletimi ile elde edilir (Maskan ve Altan, 2012). Ekstrüderi ısıtmak için ceketli bir sistem kullanılırsa, hammaddeleri hamur haline getirmek için gereken enerjinin yaklaşık % 50'sinin ceketlerden kaynaklanabileceği, kalan enerjinin ise sürtünme dağılımından geleceği tahmin edilmektedir. Ekstrüder ceketli değilse, gereken enerjinin % 100' ü sürtünme kaynaklı ısıtmadan kaynaklanmaktadır (Rosentrater ve Evers, 2018).

Ekstrüderde, gıda karışımı termomekanik olarak yüksek bir sıcaklıkta (genellikle 100°C – 180°C aralığında), vidalı kovan düzeneğinde oluşan basınç ve kesme geriliminde pişirilir (Rosentrater ve Evers, 2018). Pişirilen eriyik daha sonra kalıpta tekstüre edilir ve şekillendirilir. Ekstrüzyonla pişirilmiş eriyikler, kalıptan çıktıklarında yüksek basınçtan düşük (atmosferik) basınca geçer. Bu ani basınç düşüşü, iç nemin bir kısmının ve buhar basıncının aniden çıkmasına, erimiş ekstrüdatta kabarcıklar oluşturmasına ve dolayısıyla eriyiğin genişlemesine neden olur. Yüksek sıcaklıkların kullanılması işlem süresini kısaltır ve 30-120 saniye gibi kısa sürelerde hammaddenin tam olarak işlevsel şekline dönüşmesini sağlar (Akhtar vd., 2015). Ekstrüdatlar genellikle minimum kurutma haricinde başka işleme gerek duymamaktadırlar (Maskan ve Altan, 2012).

2.1.3.1. Ekstrüzyon Pişirmeyi Etkileyen Faktörler

Ekstrüzyon yönteminde ürün özelliklerine etkide bulunan birden çok faktör bulunmaktadır. Ekstrüderde dönen vida tarafından kayma enerjisi oluşturulur, varilin de ısıtılması ile birlikte karışım erime noktasına getirilir ve yüksek basınç altında kalıptan geçirilerek son halini almış olur. Sonuçta ekstrüzyon pişirme esnasında, gıda hammaddeleri nem, basınç, sıcaklık faktörlerinin etkisi ile birkaç dakika içerisinde pişirilir, bu durum ise moleküler dönüşüm ve kimyasal reaksiyonlarla sonuçlanır (Navale vd., 2015). Ekstrüzyon sırasında termomekanik etki, nişastanın jelatinleşmesine neden olur ve proteinin denatürasyonu, enzimlerin, mikroorganizmaların inaktivasyonu, amiloz ve lipidler arasında kompleks oluşumu, vitamin ve pigmentlerin bozunma reaksiyonları meydana gelir ve son ürün elde edilir. Sonuç olarak, ekstrüzyonla pişirme sırasında gıdalardaki kimyasal ve yapısal dönüşümler, ekstrüde ürünlerin kalitesini belirler (Maskan ve Altan, 2012). Ekstrüzyonla pişirme sırasında uygulanan enerji, ham maddenin yapısal ve besleyici özelliklerinde, nişasta jelatinleşmesi ve bozunması, lipidlerin oksidasyonu, protein denatürasyonu, diyet lifi çözünürlüğü, lezzet oluşumu ve vitaminlerin olası bozunmasını içeren çok çeşitli dönüşümlere neden olur (Rosentrater ve Evers, 2018). Şekil 2.7’de bir ekstrüderde ürün üretirken etkili olan proses parametreleri ve hammaddeler görsel hale getirilmiştir.



Şekil 2.7. Hammadde özellikleri, proses değişkenleri ve ürün karakteristikleri arasındaki ilişkiler (Maskan ve Altan, 2012)

Besleme içeriği, besleme hızı, su besleme hızı, vida konfigürasyonu ve hızı, kalıp geometrisi, kalıp sıcaklığı gibi sistemsel özellikler ve hamur karışımını oluşturan hammaddelerin protein, yağ, su, karbonhidrat içerikleri, formülasyonun protein ya da nişasta ağırlıklı oluşu, besleme içeriğinin partikül boyutu gibi hammadde özellikleri ekstrüzyon teknolojisi ile üretilen ürünlerin kalite özelliklerinde oldukça etkili olmaktadır. Özellikle besleme hızı, vida hızı, kovan sıcaklığı ve kovan basıncının kontrolü; son ürünün tekstürel açıdan başarısını değerlendiren gevrekliği, sertliği ve diğer çeşitli kalite parametrelerini belirlemektedir (Alam ve Aslam, 2021)

2.1.4. Ekstrüzyon ile Elde Edilen Ürünleri Değerlendirme

Gıda ekstrüderleri, bileşenlerde nem kaybı, enzim inaktivasyonu, genleşme, homojenizasyon, pastörizasyon/sterilizasyon, protein denaturasyonu, doku değişikliği, termal pişirme, ürün şekillendirme gibi bir veya birkaç işlevi aynı anda yerine getirerek gıda işlemeyi sağlamaktadır (Akhtar vd., 2015). Bu işlevler yerine getirilirken, ekstrüzyon sırasında hammaddelerin kimyasal, mikrobiyolojik ve yapısal değişimlerden geçtiği (nişasta jelatinizasyonu, protein denaturasyonu, enzim inaktivasyonu, mikrobiyal sayımda düşüş vb.) ve son ürünün özelliklerini etkileyen besinsel içerik, organoleptik özellikler, kalite kriterleri gibi pek çok faktörün bulunduğu görülmüştür (Sawant vd., 2015). Ekstrüzyon teknolojisi ile elde edilen bu ürünlerde meydana gelen değişimleri fiziksel, kimyasal, dokusal olarak değerlendirmek, amaca uygun ürün eldesi için oldukça önemlidir. Proses sırasında en etkili ve verimli üretimi gerçekleştirmek ise gıda endüstrisinin önemli bir hedefidir (Yolmeh ve Jafari, 2017).

2.1.4.1. Fiziksel Özellikler

Bir ekstrüdere giren besleme, ekstrüderin taşıma bölümünde ön işleme tabi tutulacak olan (formüle edilmiş, nemlendirilmiş veya kurutulmuş, ısıtılmış, aglomere edilmiş vb.) granüler malzemedir. Karışım, ekstrüder sisteminde ilerledikçe sıcaklık ve basınç artar ve kesme işlemi uygulandıkça ise tanecikli yapı kaybolur, eriyik olarak adlandırılan hamurumsu karışım elde edilir (Akhtar vd., 2015). Tek ve çift vidalı ekstrüderlerde, hammaddelerde meydana gelen fiziksel değişiklikler temelde aynı olmaktadır. Bununla birlikte, işlemin kontrolü çift vidalı

ekstrüderlerde daha basittir çünkü ürün, vidalı sistem içinde üretilen eriyik fazının fiziksel doğasından etkilenmez ve geri karıştırma daha sıkı bir şekilde kontrol edilebilir ki bu da sürecin kontrolü ve yönetimi hakkında daha iyi bir sonuç vermektedir (Rosentrater ve Evers, 2018). Tüketime hazır erişte ürünlerinin tüketiciler tarafından kabul edilebilirliğinin belirlenmesinde pişirme kalitesi çok önemli bir parametredir. Örneğin, çabuk erişte ürünü sıkı ve elastik olduğunda, düşük yapışkanlığa bağlı olarak düşük pişirme kaybına ve dolayısıyla iyi yüzey koşullarına sahip olarak tanımlanır (Silva vd., 2013). Ekstrüderde pişirme teknolojisi ile elde edilen ürünlerin bazı fiziksel özelliklerine ait açıklamalar şu şekilde belirtilmiştir:

a) Genişleme indeksi

Bir ekstrüderde, hamuru kalıp vasıtası ile dışarı iten şey, kalıp içinde oluşan maksimum basınçtır (Maskan ve Altan, 2012). Ekstrüde pişirilmiş ürün kalıptan çıktıktan sonra, ekstrüdat kütlesi nem değişimine bağlı olarak sıvı halden buhara hızlıca genişleyebilir. Genişleme, birçok ekstrüde ürünün karakteristik gözenekli yapısının oluşturulması için gereklidir ve ekstrüde ürünlerde temelde önemli bir özelliktir (Ajita, 2018). Besleme içeriği önemli derecede nişasta barındırıyorsa ve ekstrüder pişiricide uygun şekilde jelatinleştirilmişse, ekstrüdat, genişlemeye yetecek türde yapısal bütünlüğe sahip olacaktır. Eğer nişasta uygun şekilde jelatinleşmemişse, ya da besleme içeriğinde protein, nişastaya göre önemli bir kısma sahipse yapısal bütünlük kaybolabilmektedir (Berk, 2017). Genleşme, ürün kalitesinin tanımlanmasında ve ayrıca pişirme derecesi ile ilgili olarak yardımcı olur. Ürün kabul edilebilirliği, özel ekstrüdat genişlemesine dayanmaktadır. Bu

nedenle, işlem parametrelerinin ekstrüdat genişlemesi üzerindeki etkilerinin anlaşılması, ekstrüzyonla pişirme işlemi için çok önemli hale gelir (Ajita, 2018).

Genişleme, gıda endüstrileri tarafından atıştırılabilir ve yenmeye hazır ürünler olarak geliştirilen ekstrüde ürünlerin önemli bir özelliğidir (Maskan ve Altan, 2012). Genleşme indeksi, hamur karışımının ekstrüderden çıkarken maruz kaldığı şişirme derecesini tanımlar. Genleşme olayları, erimiş hamurun viskoz ve elastik özelliklerine bağlıdır (Arhaliass vd., 2003). Ekstrüdatların genişlemesi ve doku oluşumu, tek bir bileşene dayalı ürünler için bile karmaşıktır. Dolayısıyla, eriyiğin çok bileşenli ve fazlı yapısı, bu işlemlerin her birini değiştirecek ve sonuçta ürünlerin genişlemesini ve dokusunu etkileyecektir (Altan vd., 2008).

Ekstrüzyon sırasında artan besleme nem içeriği, eriyiğin plastikleştirilmesi yoluyla hamurun elastikiyetini azaltabilir (Ding vd., 2005) ve hamur sıcaklığını düşürebilir çünkü nem, hamur ile vida / kalıp arasındaki sürtünmeyi azaltarak, nişasta jelatinleşmesi üzerinde olumsuz bir etkiye neden olur, böylece ürünün genişlemesini azaltır (Altan vd., 2008). Ürün genişlemesi, radyal ve uzunlamasına genişleme olan iki farklı yönü takip eder. Nem, radyal genişlemeden; amilopektin ağı ise çapsal genişlemeden sorumlu tutulmaktadır. Eriyikteki artan su içeriği, amilopektin moleküler yapısını yumuşatacak ve çapsal genişlemeyi azaltmak için elastik özelliklerini azaltacaktır (Alvarez-Martinez vd., 1988). Hamurda artan nem içeriği ile genişleme oranı, jelatinleştirilmiş nişasta yüzdesi, dirençli nişasta içeriği, pişme süresi, sertlik ve yüzey yapışkanlığı artar, dolayısıyla pişme kaybı ve pişmiş ağırlık düşer.

Wang vd., (2012) tarafından yapılan bir çalışmada kovan sıcaklığındaki artış, ekstrüder içindeki bezelye nişastası hamurunun viskozitesini azaltarak kesme oranlarının düşmesine neden olmuş ve bu durum bezelye nişastasının parçalanma boyutunda bir azalmaya ve sonuç olarak daha fazla genişlemeye sebep vermiştir.

b) Yığın yoğunluğu

Yığın yoğunluğu, ekstrüde ürünlerin ticari üretimi açısından çok önemli bir ürün kalitesi özelliği olup, kalıp tasarımı da yığın yoğunluğu üzerinde etkili olmaktadır (Altan vd., 2008). Ekstrüdat yoğunluğu esas olarak besleme neminden etkilenmektedir (Ajita, 2018). Yüksek nem seviyelerinde, yığın yoğunluğu da yüksektir. Bunun nedeni, ekstrüzyonla pişirmenin suyun buharlaşması için yeterli olmaması sonucunda nemin içerde kalması ve ürünün daha az şişmesidir. Sonuç olarak daha yoğun bir ürün elde edilir (Ding vd., 2005). Ekstrüder sıcaklığındaki ya da vida hızındaki artış ise ekstrüderdeki suyun ısınma derecesini artırarak kabarcık oluşumuna neden olur ve eriyik yoğunluğunun azalmasına yol açar (Ajita, 2018). Yığın yoğunluğu ve genişleme ters orantılıdır ve yüksek yığın yoğunluğu düşük genişleme ile ilişkilidir (Maskan ve Altan, 2012).

Ding vd. (2005), ekstrüzyon koşullarının pirinç bazlı atıştırılmalıkların fizikokimyasal özellikleri üzerindeki etkisini incelemiş ve ekstrüdat genişmesini etkileyen ana faktörün besleme nem içeriği olduğunu tespit etmiştir. Altan vd. (2008), kalıp sıcaklığının (140-160 ° C), vida hızının (150-200 dev/dak) ve posa oranının (%2-10) arpa-üzüm posası ekstrüdatı üzerindeki etkisini incelemiş ve hem posa oranının hem de kalıp sıcaklığının yığın yoğunluğu üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu bulmuştur. Sıcaklıktaki artış, yığın yoğunluğunu 0.85'ten 0.25 g /

cm³'e düşürürken, posa oranının artışı yığın yoğunluğunu 0.325'ten 0.95 g / cm³'e çıkarmıştır.

c) Renk

Renk, gıda ürünlerinde görsel anlamda önemli bir kalite kriteridir. Ekstrüzyon pişirme sırasında rengi etkileyen birçok reaksiyon meydana gelmektedir. Bunların arasında en yaygın olanları enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları (Maillard reaksiyonu, şeker karamelizasyonu vb.) ve pigment bozunmasıdır (Ilo ve Berghofer, 1999). Ekstrüzyonla pişirmede kullanılan yüksek sıcaklık ve düşük nem su içeriği gibi işlem koşullarının, renkli bileşiklerin oluşumuna ve Maillard reaksiyonuna neden olduğu bilinmektedir (Altan vd., 2008). Enzimatik olmayan esmerleşme, lezzet gelişimi ile ilgilidir ve kahverengileşme oldukça yoğunsa istenmeyen renkler ve tatlar oluşabilmektedir. Ekstrüzyonla pişirme esnasında, besleme karışımının fiziksel, kimyasal ve besleyici özelliklerinde değişiklikler meydana gelir ve nişasta ile proteinler de dahil olmak üzere birçok gıda bileşeninin doğasında değişim olmaktadır (Maskan ve Altan, 2012). Yüksek sıcaklık, yüksek basınç ve düşük nem içeriğiyle gerçekleştirilen bir ekstrüzyonla pişirme sonucunda, hammadde karışımının sistemde kalış süresi düşük olsa bile genellikle renkli bir ürünle sonuçlanmaktadır (Altan vd., 2008). Sonuç olarak renk değişiklikleri, ekstrüzyon işlemi sırasında meydana gelen karamelizasyon, Maillard reaksiyonu, pişirme derecesi ve pigment bozunması gibi kahverengileşme reaksiyonlarının kapsamı hakkında bilgi vermektedir (Altan vd., 2008).

d) Pişme özellikleri

Pişme özellikleri makarna ürünlerinde kalite kriterlerini belirlemede önemli parametrelerdir. Yüksek kaliteli makarnalarda, pişerken suya az madde geçişinin olması istenir. Çünkü pişirme sırasında çözünür nişasta ve nişasta içermeyen polisakkaritler dahil diğer çözünür bileşenler suya sızar ve bunun sonucunda makarnanın bulunduğu su koyulaşır (Gull vd., 2018). Yüksek kaliteli bir makarnadan, iyi bir pişirme direncine ve sertliğine sahip olması, pişirme suyuna aşırı miktarda madde salmaması ve yapışkanlık göstermemesi beklenmektedir (Chillo vd., 2009). Genelde nem içeriği ve vida hızı arttıkça pişme süresi artmakta ve kalıp sıcaklığının ise pişme süresi üzerinde çok az etkisi bulunmaktadır (Wang vd., 2012). Ayrıca kalıp sıcaklığı ve vida hızının artmasının pişme ağırlığını düşürme yönünde etkisi bulunmaktadır. Kalıp sıcaklığındaki artışla birlikte, nişastanın eriyik viskozitesi azalmakta, böylece ekstrüderdeki sürtünme veya kesme gerilimi düşerek, daha düşük moleküler bozulmaya ve dolayısıyla pişirme kaybının azalmasına neden olmaktadır (Gull vd., 2018). Nişastalı eriştelere, pişme kaybı genellikle gevşek bir şekilde bağlanmış jelatinleştirilmiş nişastanın ürünün yüzeyinden çözünmesine bağlıdır. Yüksek nişasta çözünürlüğünü gösteren yüksek pişme kaybı, bulanık su ve yapışkan bir ağız hissi ile sonuçlanırken, zayıf su bağlama kapasitesinden dolayı düşük pişmiş ağırlık, istenmeyen pişirme kalitesini gösteren çigneme tekstür dokusu ile sonuçlanır (Wang vd., 2012).

Zenginleştirilmiş makarna-erişte ürünlerinde yüksek toplam besin lifi içeriğine ulaşılması sonucunda, nişasta-gluten ağında bir müdahaleye neden olarak pişme süresinde azalma sağlayabilmektedir. Almanza-Benitez (2015) tarafından yapılan

bir çalışmada olgunlaşmış muz unu ile zenginleştirilen spagettideki yüksek toplam diyet lifi içeriği, gluten-nişasta ağının gelişimini engelleyerek, daha fazla jelatinleştirilmiş nişastanın pişme esnasında spagettiye terk etmesine ve dolayısıyla pişme süresinin düşüp, pişirme kaybının artmasına neden olduğu bildirilmiştir (Almanza-Benitez, 2015).

2.1.4.2. Kimyasal Özellikler

Ekstrüderde meydana gelen kimyasal reaksiyonların çeşitliliği geniştir (Alam vd., 2016). Ekstrüzyon proses parametrelerinin bu reaksiyonlar üzerindeki etkisi ve kalite özelliklerinde ortaya çıkan değişiklikler şu şekilde açıklanmaktadır:

Nişasta üzerindeki etkiler: Ekstrüzyonla pişirmenin nişasta üzerindeki temel etkisi jelatinleşmedir. Jelatinleşme, nişasta granüllerinin şişerek kaybolduğu, kristal bölgelerin aşamalı olarak "eritildiği" ve nişasta moleküllerinin açılarak sonuçta sürekli bir viskoz macunun oluştuğu süreçtir (Alam vd., 2016). Jelatinleşme, sudaki bir nişasta süspansiyonu ısıtıldığında meydana gelir ve ekstrüzyon tekniği ile pişirme esnasında nispeten daha düşük nem seviyelerinde de gerçekleştirilebilmektedir (Maskan ve Altan, 2012). Nişastalı gıdalarda jelatinleştirmenin amacı sindirilebilirliği artırmaktır. Bir başka amaç ise ekstrüzyon esnasında genişleme etkisiyle gözenekli yapıya sahip termoplastik kütlenin oluşturulmasıdır (Berk, 2017).

Protein üzerindeki etkiler: Protein bakımından zengin gıdaların çoğu (yağdan arındırılmış soya fasulyesi unu, soya fasulyesi protein konsantresi, süt proteinleri, et ürünleri gibi) ekstrüzyon teknolojisi ile üretilmiştir (Alam vd., 2016). Ekstrüzyonla pişirme sırasında proteinlerin modifikasyonu, temelde termal etkilere ve kayma gerilimine dayandırılmaktadır. Termal etkilerden birincisi protein denatürasyonu olup bu durum yüksek sıcaklık ve nemin etkisi sonucunda, doğal proteinlerin yapılarını (küresel, misel vb.) kaybedip, açılması, suyu emmesi ve "erimesi" ile gerçekleşir (Maskan ve Altan, 2012). Nişasta jelatinleşmesi gibi, protein denatürasyonu da düşük nem içeriğinde meydana gelir ve yüksek viskoziteli eriyik ile sonuçlanır. Protein polimerizasyonu sonucu tekstürizasyon gerçekleşir ki bu durumun yani eriyiğin yeniden yapılandırılmasının, protein zincirlerinin yönlendirilmesi ile ilgili olduğu ve protein-protein moleküller arası çapraz bağlanmanın, yeni dokunun stabilizasyonundan sorumlu olduğu düşünülmektedir (Alam vd., 2016). Proteinleri içeren, ancak yeniden yapılanmayla ilişkili olmayan ve temelde etkili olan termal reaksiyon ise Maillard reaksiyonudur. Maillard tipi reaksiyonlar ve bunu izleyen kahverengileşme, yalnızca indirgen şekerlerin varlığında önemlidir (Adegunwa vd., 2012).

Besinsel açıdan etkileri: Tüm yüksek sıcaklık işlemlerinde olduğu gibi, ekstrüzyonla pişirmenin de gıdaların beslenme kalitesini pozitif veya negatif yönde etkilemesi beklenen bir sonuçtur (Maskan ve Altan, 2012). Oliviero ve Fogliano (2016) tarafından yapılan çalışmada yüksek sıcaklıkta pişirmenin, ısıya duyarlı biyoaktif bileşiklerin bozulmasına yol açabileceği ve termal bozulma ile pişme kaybının artması ile birlikte biyoaktif bileşenlerin önemli derecede azalabileceği belirtilmiştir. Ayrıca sebzelerle zenginleştirilen ve ekstrüzyon ile üretilen bazı

ürünlerde, pişirme ve kurutma esnasında bazı sebze hücreleri hasar göerek, fitokimyasalların bir kısmının pişirme ortamına geçebileceği ve bununla birlikte, glüten ağı ve jelatinleştirilmiş nişasta kaybının kısmen önlenebileceği de belirtilmiştir (Oliviero ve Fogliano, 2016).

a) Antioksidan Aktivitesi

Antioksidanlar, gıdalara oksidatif ve otooksidatif işlemlerin başlangıcında etki göstererek istenmeyen reaksiyon ürünlerinin oluşumunu engelleyen bileşiklerdir ve oksidatif reaksiyonlar sırasında oluşan reaktif serbest radikal ara maddelerini yok ederler (Zoral, 2013). Serbest radikallerin önemli bir özelliği, eşlenmemiş elektronların varlığından dolayı son derece yüksek kimyasal reaktiviteye sahip olmalarıdır ki bu da hücrelere nasıl zarar verdiklerini açıklamaktadır (Odelakun ve Oyelade, 2011). Ayrıca antioksidanlar, bitki ve hayvan dokularında bulunabilen ve serbest radikallerin zararlarını tamamen durdurabilmekte ya da bir miktar azaltmaktadır (Güzel, 2018). Antioksidan aktivitesinin, serbest radikallere, özellikle iltihaplanma, kardiyovasküler hastalıklar, kanser ve yaşa bağlı bozukluklar gibi hastalıklarda rol oynayan reaktif oksijen türlerine karşı ilk savunmayı sağladığı bildirilmiştir (Ortak, 2014). Ayrıca gıdalardaki oksidatif reaksiyonları önlemek ve protein, lipid, karbonhidrat ve DNA gibi biyolojik dokuların zarar görmesine karşı korumak için çeşitli sentetik veya doğal antioksidanların kullanılabileceği belirtilmiştir (Odelakun ve Oyelade, 2011). Askorbik asit, β -karoten, tokoferoller ve selenyum gibi bileşenler antioksidan görevi görür ve çok sayıda fenolik ve flavonoid bileşik, antioksidan aktiviteye sahiptir (Zoral, 2013). Bitkisel besinler; C ve E vitaminleri, karotenoidler,

flavonoidler ve diğler fenolik bileşikler gibi çok çeşitli antioksidanların kaynağıdır. Artan sebze tüketiminin, sağlığı korumadaki yararlı etkileri ve kronik hastalıkların ve kanserlerin önlenmesindeki potansiyelleri nedeniyle özellikle önemli olduğu düşünülmektedir (Zoral, 2013).

Gıdalardaki toplam antioksidan aktivite; gıda kompozisyonuna, hammaddenin işlemden önceki haline, ürüne uygulanan işleme ve antioksidan aktiviteyi analiz etmek için kullanılan metoda göre değişir (Ortak, 2014). Altan vd. (2008) tarafından yapılan çalışmada, DPPH yöntemiyle ölçülen antioksidan aktivitenin ekstrüde edilmiş arpada % 60 ile % 68 oranında azaldığı tespit edilmiştir.

Sağlıklı beslenmenin yaşam kalitesine olan olumlu etkilerinin farkındalığıyla, gıda endüstrisi sağlığı geliştirici özelliklere sahip yeni ürünler geliştirmek için çalışmalar yapmaktadır. Bunun için tüketicilerin oldukça tercih ettiği tüketime hazır, hızlı ürünlerin bu anlamda zenginleştirilmesi söz konusu olmuştur (Felix-Medina vd., 2020). Ekstrüde edilmiş ürünlerdeki biyoaktif bileşiklerin seviyesi, ekstrüzyon işlemi değişkenlerinden etkilenmektedir. Kayma gerilimi, sıcaklık, ekstrüderde kalma süresi ve su içeriği, ekstrüde ürünlerin genel bileşimine katkıda bulunan faktörlerdir (Sharma vd., 2012). Çeşitli çalışmalar, ekstrüzyon işleminin hassas bileşenleri olumsuz yönde etkilemesinden dolayı gıda ürünlerindeki ölçülebilir biyoaktif bileşikleri önemli ölçüde azalttığını göstermiştir. Korus vd. (2006) ekstrüzyon işleminin yeşil fasulye üzerindeki etkisini incelemişler ve polifenol içerik ile antioksidan aktivite açısından önemli bir düşüş olduğunu tespit etmişlerdir. Bu durumun tersi çalışmalar da mevcut olup, Sharma vd. (2016), arpa ununun 150°C ve 180°C'de ekstrüzyonla pişirilmesinin antioksidan aktivite

seviyelerinin artmasına neden olduğunu bulmuştur. Daha yüksek kalış süresi ve sıcaklık, hücre duvarının fiziksel olarak parçalanmasına ve serbest fenoliklerin salınmasına neden olabilmektedir (Adelakun ve Olusegun, 2011). Fenolik içerik ve antioksidan seviyesindeki artış için başka bir yaklaşım Maillard reaksiyonları ile açıklanabilir (Dehghan-Shoar vd., 2010). Maillard reaksiyonları 100°C-120°C'de başlar ve 150°C'de maksimum oluşum hızına ulaşır. Ekstrüde ürünlerin antioksidan aktivitesi ve antiradikal aktivitesi sadece biyoaktif bileşiklerin seviyesine bağlı değildir. Bazı durumlarda, ekstrüde ürünlerde antioksidan aktivitenin kalıp sıcaklığındaki yükselme ile arttığı görülmüş ve bu sonuç Maillard reaksiyonu ile ilişkilendirilmiştir (Adelakun ve Olusegun, 2011). Bunun yanı sıra, ekstrüzyonun kısa kalış süresinin bir sonucu olarak, yüksek sıcaklık, geleneksel ısıtmaya kıyasla fenolik bileşiklerin ve Maillard reaksiyon ürünlerinin oluşumu için yetersiz olabilir. Bununla birlikte, geleneksel ısıtmada, nispeten uzun kalma süresi (10 dakika) ve yüksek sıcaklığın (160 - 200°C) kombine etkisi, güçlü antioksidan özellik gösteren Maillard reaksiyon ürünlerine dönüşüme katkıda bulunur (Ortak, 2014). Renk pigmentleri ve biyoaktif bileşikler, genellikle yüksek ısıya ve ekstrüzyonda kullanılan vida hızına karşı hassastır (Paraman vd., 2015). Camire vd. (2007), çeşitli meyve tozlarının ekstrüzyonla pişirilmesi esnasında % 90 antosiyanin kaybına uğradığını tespit etmiş ve bu durumun yüksek sıcaklık (170°C) ve vida hızı (175 rpm) dolayısıyla olduğunu belirtmişlerdir. Bu durumun tam tersi olarak bazı meyve ya da sebzelerde ise muhtemelen ekstrüzyon sırasında meydana gelen Maillard reaksiyonu veya enzimatik olmayan esmerleşme sonucu inaktif antioksidanların aktif antioksidanlara dönüşmesi ile antioksidan seviyelerinde artış olduğu bildirilmiştir (Sarıçam, 2014). Bazı meyve örneklerinde ise antioksidan artışının

olmaması, Maillard reaksiyonunun meyve tozları tarafından ekstrüzyon işlemi sırasında inhibe edilerek antioksidan kapasiteli MRPs (maillard reaction products) üretimini engellemesinden kaynaklanıyor olabileceği bilinmektedir (Ortak, 2014).

Ekstrüder işlemede kullanım için uygun meyve posalarına elma, üzüm, armut, erik, muz, şeftali, kayısı, portakal, mango, papaya, kavun, çilek, domates, nektarin, incir, hurma, üzüm, ananas ve çekirdekli diğer meyveler örnek olarak verilirken, sebze posaları için ise havuç, biber, pancar, brokoli, salatalık, kabak, mısır, patates, tatlı patates, bezelye, fasulye, balkabağı, kabak gibi sebzeler veya kök mahsulleri örnek olarak verilmiştir (Rizvi vd., 2015).

b) Toplam Fenolik Madde Miktarı

Fenolik bileşikler veya polifenoller, benzen halkasında bir veya daha fazla hidroksil grubu içeren organik bileşiklerdir (Liu, 2003). Çoğunlukla fenol adıyla anılan hidroksi benzen, benzen halkasına eklenmiş bir tane –OH grubu içeren bir bileşiktir ve diğer tüm fenolik bileşikler burdan türemişlerdir (Sarıçam, 2014). Bitkilerde dış faktörlerden korunmak amacıyla bulunan ve ikincil metabolitler olan fenolik asitler, antosiyaninler, flavanoller, kateşinler ve tanenler gibi fenolik bileşikler, antioksidan aktivite dahil olmak üzere birçok biyolojik etkiye sahiptirler (Slinkard ve Singleton, 1977). Antioksidatif etkiye sahip olmaları, fenolik bileşiklerin beslenme açısından önemini ortaya koymaktadır. Meyve ve sebzelerin kendine özgü renk, tat, aroma ve dokuya sahip olmalarını sağlayan fenolik bileşikler, bitki bünyesinde meydana gelen birçok metabolik olayda önemli konumdadır (Zoral, 2013). Gıda endüstrisinde, meyve, baharat, sebze, tahıl ve diğer

bitkisel ürünlerin fenolik bileşen bakımından zengin ekstraktlarına olan ilgi artmıştır; çünkü fenolik maddeler lipitlerin oksidatif yıkılmasını geciktirir ve böylece gıda kalitesini ve gıdanın besinsel değerini geliştirir (Sharma vd., 2016).

Polifenoller, bitkilerde bitki gelişimi için büyük önem taşıyan, heterojen bir ikincil metabolitler grubudur. Kimyasal yapı çeşitliliğinden dolayı polifenoller fenolik asitlere ve flavonoidlere ayrılır (Sarıçam, 2014). Fenolik bileşikler genellikle bitkilerin hem yenen hem de yenmeyen kısımlarında bulunur ve çok sayıda biyolojik etkiye sahip olduğu bildirilmiştir. Polifenol tüketiminin olası sağlık yararlarının, antioksidan ve anti-inflamatuar özelliklerinden kaynaklandığı öne sürülmüştür. Kanser, kardiyovasküler hastalıklar, atopik dermatit, diyabet ve Alzheimer hastalığı riskinde azalma ile ilişkilidirler (Krishnaiah vd., 2011).

Fenolik asitler en yaygın ve en küçük fenolik bileşikler arasındadır. Besleme nem içeriğinin ve kalıp sıcaklığının ekstrüde edilen ürünlerin toplam fenolik içeriğinde azalmasına neden olabileceği bildirilmektedir (Brennan vd., 2011; Tacer Caba, 2015). Ekstrüzyon sırasında fenolik bileşikler, yüksek kalıp sıcaklığı nedeniyle dekarboksilasyona uğrayabilir ve yüksek nem içeriği, fenollerin ve tanenlerin polimerizasyonunu destekleyerek ekstrakte edilebilirliğin ve antioksidan aktivitenin azalmasına neden olabilmektedir (Dehghan-Shoar vd., 2010). Bununla birlikte, bazı durumlarda biyoaktif bileşiklerin seviyesi ekstrüzyon ile pişirilmiş ürünlerde artabilmektedir (Güzel, 2018). Ekstrüde edilmiş ürünlerdeki belirli fenolik asitlerin seviyelerindeki artış, genellikle hücre duvarı matrisinden salınma ile ilişkilendirilmektedir (Leyva Corral, 2016). Leyva Corral (2016) tarafından yapılan çalışmada ekstrüzyon sıcaklığı 115 °C'den 165 °C'ye çıkınca toplam fenolik

madde miktarı 52.74'ten 60.27 mg/100g 'a çıkmıştır. Ayrıca ekstrüzyon sıcaklığı 105 °C'den 175 °C'ye çıktığında ise toplam fenolik içerik 53.24'ten 61.79 mg/100g'a çıkmıştır.

Fonksiyonel gıdaların formülasyonu için, biyoaktif özelliğe sahip olan meyveler, sebzeler, tahıllar, yağlı bitkiler, baklagiller ve posa gibi endüstriyel gıda yan ürünleri temel karışıma eklenir. Bu hammaddeler; betalainler, karotenoidler, vitaminler, aminoasitler ve diyet lifi kaynakları gibi kompleks polisakkaritlerin yanı sıra antosiyaninler, flavonoller ve prosiyanidinler gibi fenolik bileşikler de sağlar. Dolayısıyla sıcaklık, nem içeriği, vida hızı gibi proses değişkenlerinin ve ekstrüderin geometrik konfigürasyonu gibi faktörlerin etkilerinin neden olduğu yapısal ve kimyasal değişiklikler nedeniyle son üründe bozulmaya veya fonksiyonel bileşiklerin salınmasına neden olur (Leyva-Corral vd., 2016).

c) Karotenoid ve Likopen Miktarı

Karotenoidler, birçok meyve ve sebze de bulunan sarı, turuncu ve kırmızı renk veren pigmentlerdir (Paznocht vd., 2021). Çoklu doymamış yapıları bu pigmentlere kolay okside olabilen ve stabil olmayan bir yapının oluşmasına sebep vermektedir (Knoblich vd., 2005). Karotenoidler, hidrokarbonlar (α -, β -, γ -karoten ve likopen) ve ksantofiller (lutein ve kapsantin) olmak üzere 2 gruba ayrılmaktadır. Karotenoidler içerisinde en etkili antioksidan likopen olup, bunu sırasıyla β -kriptoksantin ve β -karoten izlemektedir. Likopen, diğer karotenoidler gibi, bitkiler ve mikroorganizmalar tarafından fotosentez sırasında ışığı absorbe etmek ve onları fotosensitizasyona karşı korumak için sentezlenen mükemmel doğal bir gıda pigmentidir (Dehghan-Shoar vd., 2010). Aynı zamanda antikarsinojenik özelliklere

sahip olması gibi önemli yararları bulunan bir mikro besin maddesidir (Kaur vd., 2015). Likopen, insan serum dokularında ve beslenmede de önemli bir karotenoiddir. Domates büyük bir besin kaynağına sahip olması bakımından karotenoidler arasında benzersizdir (Maskan ve Altan, 2012). Kırmızı, sarı ve turuncu meyveler, kök bitkileri ve sebzeler en önemli karotenoid kaynaklarıdır (Yılmaz Çakır, 2018). Antosiyaninler ve karotenoidler insan vücudunda güçlü antioksidanlar olarak görev görür ve ayrıca karotenoidler, A vitamini sentezi için öncül görevi görür ve / veya gözün retinasının normal işlevi için gereklidir (Paznocht vd., 2021).

Sıcaklık koşulları bazı fitokimyasalları olumlu bazı fitokimyasalları olumsuz yönde etkilemektedir. Örneğin C vitaminin ısı işlemlerle bozunduğu ve azaldığı bilinirken, β -karoten gibi bazı fitokimyasalların biyo-erişilebilirliğini artıran tam tersi bir etkiye de sahip olduğu da görülmektedir (Van Boekel vd., 2010). Bu nedenle, eklenen sebzenin türüne, miktarına ve yapısına bağlı olarak farklı sonuçlara ulaşılmaktadır (Oliviero ve Fogliano, 2016).

2.1.4.3. Su absorpsiyon indeksi ve suda çözünürlük indeksi

Su absorpsiyon indeksi (WAI), sulu dispersiyondaki nişastanın bütünlüğünü koruyan, fazla suda şiştikten sonra esas olarak nişastanın kapladığı hacmi ölçer ve jelatinleşme indeksi olarak kullanılabilir (Ding vd., 2005). Su absorpsiyonu genellikle nişastanın fazla sudaki dağılımına dayandırılmıştır ve bu dağılım, jelatinleşme ve ekstrüzyonla birlikte amiloz ve amilopektin molekül ağırlıklarının düşmesidir (Altan vd., 2008). Suda çözünürlük indeksi (WSI) ise, su absorpsiyonunun belirlenmesinden sonra süpernatant buharlaştırılıp, geri kazanılan

kuru madde yüzdesini ifade etmektedir (Ding vd., 2005). Nişastanın suda çözünürlüğünün, genleşme ile arttığı bilinmektedir. Genellikle moleküler bileşenlerin bozunmasının bir göstergesi olarak kullanılan WSI ekstrüzyondan sonra nişasta bileşeninden salınan çözünür polisakkarit miktarı olan ekstrüzyon sırasında nişasta dönüşümünün derecesini ölçer (Ding vd., 2005).

2.1.4.4. Tekstürel Özellikler

Tekstür, ekstrüde ürünlerin en önemli duyuşal özelliklerinden biridir (Tiğa, 2018). Ekstrüde ürünlerin tekstürü; karbonhidratlar, proteinler ve lipitlerin etkileşimi ile hücre boyutu dağılımına ve hücre duvarı kalınlığına bağlıdır. Eriyik reolojisi ise son ürün dokusu üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Eriyiğın reolojik özellikleri, formülasyon, sıcaklık profili, besleme nem içeriği, vida hızı ve vida profili ve kalıp tasarımı ile kontrol edilir (Maskan ve Altan, 2012). Gıda ürünlerinin başarılı bir şekilde geliştirilmesi, hem tüketici tarafından algılanan doku hakkında kapsamlı bir anlayış hem de uygun ölçüm yöntemlerini gerektirir. Tekstür analizörleri elde edilen gıda ürünlerini dokusal anlamda analiz etmek için çokça tercih edilen bir yöntemdir.

Bir doku cihazından elde edilen maksimum tepe kuvveti, ürünün sertliğini (hardness) verir ve ayrıca duyuşal açıdan, azı dişleri arasında gıda ürününün sıkıştırılması için gereken güç olarak tanımlanır (Maskan ve Altan, 2012). Tekstür profili analizinde ilk sıkıştırmanın bitip geri çekilmenin başladığı noktaya karşılık gelmektedir (Ding vd., 2005). Ekstrüzyon pişirme esnasında yüksek basınçtan atmosferik basınca aniden düşüldüğünden, su sıvıdan buhara dönüşür. Nişastanın

içinden su buharı kabarcıkları çıktıkça, ürün esner ve buharlaşmalı soğutma nedeniyle matris sertleşir. Dolayısıyla hava kabarcıkları bu matrise hapsolür ve karakteristik kabarık yapı oluşur (Maskan ve Altan, 2012). Ekstrüzyon işleminde besleme nemi ile kalıp sıcaklığının ekstrüdat sertliği üzerinde önemli bir etkiye neden olduğu bilinmektedir (Liu vd., 2018; Ding vd., 2005). Wani ve Kumar (2016) çemen otu ve bezelye ile çalışmışlar, kalıp sıcaklığı arttıkça sertliğin düştüğünü tespit etmişlerdir. Bu da genişlemenin artmasına bağlanmıştır. Yapılan bir çalışmada keten tohumlu atıştırılmalık üretilmiş ve sertlik değerleri sıcaklık artışı ile düşmüştür. Ekstrüzyon sırasında nem hızla buharlaşmış ve sonuç olarak daha fazla kabarcık oluşarak, ürünler daha ince gözenekli duvarlar ve gevrek bir tat kazanmıştır. Giderek artan keten tohumu ilavesiyle birlikte, sertlik başlangıçta artmış ve sonra azalmıştır (Min vd., 2015). Wang vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada ise sıcaklık ve vida hızı arttıkça esmer pirinç ile elde edilen makarna ürünlerinde sertlik değerlerinin arttığı gözlenmiştir. Ayrıca Altan vd. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada da lif oranı arttıkça ürünlerin sertliğinde artış tespit edilmiştir. Bu durum lifin, daha az gözenekli bir matris, daha kalın hücre duvarı ve daha sert ekstrüdata neden olması ile açıklanmıştır. Tepe kuvveti, ekstrüdatın ilk penetrasyona direncini temsil ederken, eğrinin altındaki alan ise ürünün gevrekliği olarak tanımlanmaktadır (Ding vd., 2005). Sertlik ve gevreklik, ekstrüdatların dokusal özelliklerini değerlendirmek için en çok kullanılan tanımlardandır (Maskan ve Altan, 2012).

Bunun yanı sıra gevreklik, kırılmalık, elastikiyet, yapışkanlık, çiğnenebilirlik özellikleri de ürünlerin dokusal açıdan değerlendirilmesinde önemli rol oynamaktadır. Ekstrüdatları kırmak için gereken mesafe kırılmalık olarak

ölçülmektedir. Gevreklik (Fracturability/Brittleness), tüm gıdalarda gözlenen bir parametre olmayıp, gevrek olan atıştırmalık yiyecekler ve fırınlanmış gıda maddelerinin tekstür profili analizinde, ilk sıkıştırma sırasında görülen pozitif pikte bir omuz şeklinde belirir. Kalın hücre duvarlarının, doğal olarak daha az kırılğan olduğu bilinmektedir (Maskan ve Altan, 2012).

Esneklik (Springiness), tekstür profili analizinde ilk sıkıştırmanın bitimi ve devamında gelen ikinci sıkıştırmanın başlangıcı arasında geçen zamandır. Yapışkanlık (Adhesiveness), gıda maddesinin yüzeyi ile temas ettiği yüzey (diş, dil, damak veya prob) arasındaki çekim kuvvetini yenmek için gerekli olan iş olarak tanımı yapılmaktadır. Tekstür profili analizinde ilk sıkıştırmada görülen negatif alandır (Maskan ve Altan, 2012).

Bağlılık (Cohesiveness), gıda ürününün yapısını oluşturan iç bağların gücünü göstermektedir. Tekstür profili analizinde ikinci sıkıştırmada elde edilen pozitif kuvvetin ilk sıkıştırmadaki pozitif kuvvete oranıdır (Ding vd., 2005).

Sakızımsılık (Gumminess), yarı katı halde olan bir gıda ürününün yutulabilmesi için parçalanmasında etkili olan enerji olarak tanımlanmaktadır. Düşük sertlik (hardness) değerine sahip gıdaları ilgilendiren bir parametredir. Çiğnenebilirlik (Chewiness) ise, katı özellikteki bir gıdanın yutmaya hazır hale gelene kadar parçalanması için gerekli enerji olarak tanımlanmaktadır (Maskan ve Altan, 2012).

2.2. Meyve, Sebze ve Bakliyatların Ekstrüzyon Teknolojisinde Kullanımı

Sınırlı boş zaman ve artan çalışma saatleriyle karakterize edilen mevcut yaşam biçimi, tüketicileri yemeye hazır ürünlerin tüketimine yöneltmiştir (Maskan ve Altan, 2012). Ayrıca dünya çapında çocuklar, özellikle lezzetli ve tüketilmesi kolay olan çeşitli atıştırmalık ürünlere ilgi duymaktadır. Bu nedenle, gıda endüstrileri çeşitli süreçler kullanarak yemeye hazır ürünlerin üretimini artırmıştır. Bu prosesler arasında, ekstrüzyon, sürekli pişirme, karıştırma ve şekillendirme ile karakterize edilen ve yüksek kalitede doğrudan genişletilmiş malzemeler üreten yüksek sıcaklıkta kısa süreli, köklü bir endüstriyel teknolojidir (Ajita, 2018). Ekstrüzyon, bebek gevrekleri, kahvaltılık gevrekler, atıştırmalık yiyecekler, unlu mamuller, makarnalar vb. gibi yeni ürünlerin üretiminde esneklik sağlar (Sawant vd., 2015). Ekstrüzyon işlemi esnasında besleme karışımını oluşturan gıda maddeleri, nem kombinasyonu ile vidalı-kovan düzeneğinde termo-mekanik olarak pişirilir, mekanik olarak kesilmesi şekillendirilmesi için yüksek basınç / yüksek sıcaklık (Patino-Rodriguez vd., 2018) altında birçok kimyasal ve yapısal dönüşüm geçirirler. Son ürünlerin kalitesi; ekstrüder tipi, besleme nemi, kovan bölümündeki sıcaklık profili, vida hızı ve besleme hızı gibi proses koşullarına bağlıdır (Kolniak-Ostek ve Oszmianski, 2015). Ek olarak, günümüzde yüksek değerli gıda ürünlerinin tüketimine artan bir eğilim vardır. Tüketicilerin Akdeniz diyetine, meyve, sebze ve diğer fonksiyonel gıdaların tüketimine olan ilgisi artmıştır. Kolay ulaşılabilmesi ve hızlı tüketilebilmesi nedeniyle çok tercih edilen ekstrüzyon pişirme ile elde edilen makarna ve erişte ürünlerinin besin değerinde azalma olması, araştırmacıları bu ürünlerin zenginleştirilmesi ile ilgili çalışmalara yönlendirmiştir (Silva vd., 2013). Meyve ve sebzeler; diyet lifleri, antosiyaninler, flavonoidler ve karotenoidler gibi

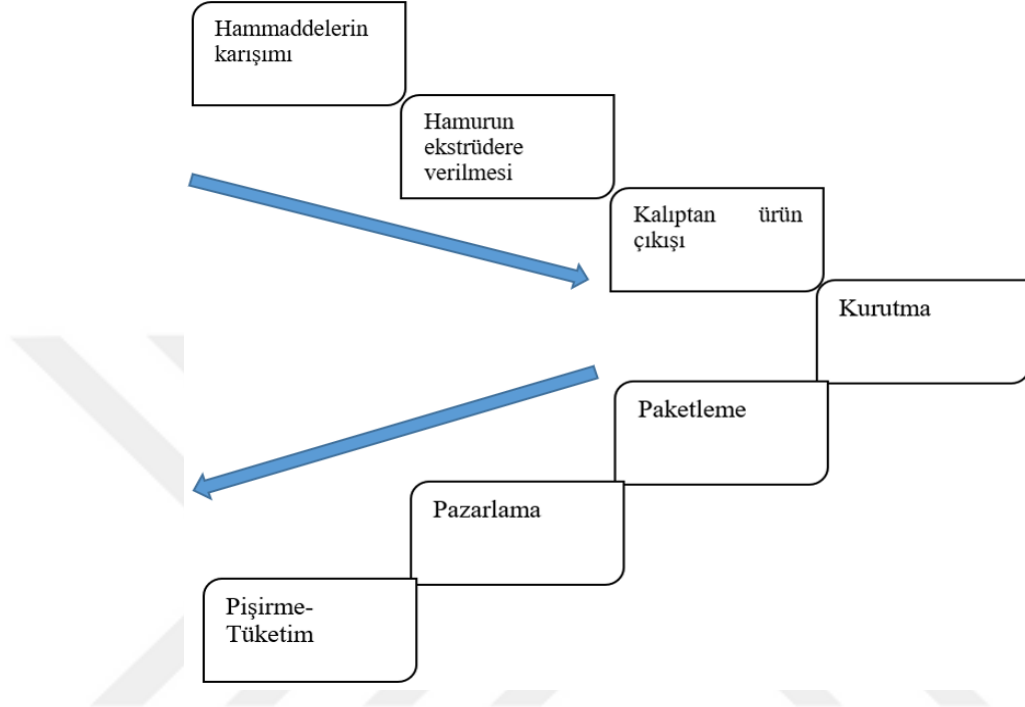
işlevsel bileşikler bakımından zengindir ve ayrıca toz halde ekstrüzyon pişirme esnasında hammadde formülasyonlarına katkı maddesi olarak kullanımı uygun görülmektedir (Sharma vd., 2016). Bu bileşenler arasında baklagiller, fasulye, bezelye, domates likopen, elma posası, otlar, kaktüs armudu, üzüm çekirdeği, üzüm posası vb. (Maskan ve Altan, 2012; Altan vd., 2008; Dehghan-Shoar vd., 2010; Singh vd., 2007) yer almaktadır. Tüketime hazır ürünlerde ve kahvaltılık tahıllarda bu şekilde bir zenginleştirme yöntemine gidilmesi, o ürünlerin sağlık açısından çekiciliğini ve beslenme kalitesini artırır (Alam ve Aslam, 2021). Taze üründe yüksek nem içeriğinin varlığı, ekstrüzyonla pişirmede kullanımları için sınırlayıcı bir faktördür; ancak konsantre veya toz hale getirilerek ürün formülasyonlarında başarıyla kullanılmıştır. Lif, biyoaktif bileşen, vitamin ve mineraller bakımından meyve, sebze ve bakliyatlar gıdalar arasında önemli bir yere sahiptir (Wang vd., 2012). Yapılan bir çalışmada nişastalı yiyecekleri zenginleştirmek için fasulye, mercimek gibi sebzelerin kullanımına vurgu yapılmıştır (Anuonye vd., 2012). Camire vd. (2007), işlevsel ekstrüde ürünler üretmek için Concord üzümü, kıızılcık, yaban mersini ve kırmızı ahududu meyvelerinden suyu alınmış beyaz mısır unu ve kurutulmuş tozların bir karışımını kullanmıştır. Çizelge 2.1’de meyve/sebze ile zenginleştirilmiş ve ekstrüzyon teknolojisi ile ürün elde edilmiş bazı çalışmalara yer verilmiştir.

Çizelge 2.1. Ekstrüzyon pişirme ile elde edilen ve çeşitli meyve/sebze/bakliyat ile zenginleştirilmiş ürünlerde yapılan bazı çalışmalar

Ekstrüde Ürün	Zenginleştirme İçin Kullanılan Bitkisel Kaynak	Kaynak
Makarna	Ham Muz Tozu	Ovando-Martinez vd., (2009)
Makarna	Brokoli Tozu	Silva vd., (2013)
Makarna	Soğan Tozu	Rajesvari vd., (2013)
Makarna	Mantar Tozu	Lu vd., (2018)
Makarna	Amarant ve Kinoa	Cardenes vd., (2016); Bastos vd., (2016)
Makarna	Pirinç Unu ve Farklı Oranlarda Bezelye Unları	Giuberti vd., (2015)
Makarna	Patates ve Patates Türevleri	Cappa vd., (2017)
Spagetti	Olgunlaşmamış Muz, Mısır ve Nohut Unları	Patino-Rodriguez vd., (2018)
Makarna	Acı Bakla	Torres vd., (2006)
Makarna	Soya	Boiano vd., (2011)
Spaghetti	Fasulye	Gallegos-Infante vd., (2010)
Makarna	Nohut	Wood, (2009)
Makarna	Bakla ve Bezelye	Petitot vd., (2010)
Makarna	Ispanak ve Amarant	Borneo ve Aguirre, (2008)
Atıştırmalık Ürün	Börülce Unu	Filli vd.; (2011)
Atıştırmalık Ürün	Havuç ve Ispanak	Mangaraj vd., (2018)
Makarna	Fasulye Unu	Ramirez-Jimerez vd., (2018)
Atıştırmalık Ürün	Elma Posası	Leyva-Corral vd., (2016); Karkle vd., (2012)
Atıştırmalık Ürün	Kurutulmuş Brokoli ve Zeytin Posası	Bisharat vd., (2013)
Atıştırmalık Ürün	Domates / Havuç Posası	Altan vd., (2008)
Atıştırmalık Ürün	Fasulye Unu	Delgado vd., (2012)
Atıştırmalık Ürün	Balkabağı	Nakhon vd., (2018)
Atıştırmalık Ürün	Bezelye	Philipp vd., (2017)
Atıştırmalık Ürün	Domates Salçası ve Domates Kabuğu	Dehghan-Shoar vd., (2010)
Atıştırmalık Ürün	Tozlar (Elma, Muz, Çilek ve Mandalina)	Potter vd., (2013)
Atıştırmalık Ürün	Barbunya, Lacivert ve Siyah Fasulye	Simons vd., (2014)
Atıştırmalık Ürün	Siyah Fasulye ve Amarant	Espinoza-Moreno vd., (2016)
Atıştırmalık Ürün	Yeşil Fasulye Unu	Anton vd., (2009)
Makarna	Üzüm Posası Tozu	Spinelli vd., (2019)
Bebek ve Küçük Çocuk Gıdası	Maş Fasulyesi	Ali vd., (2016)
Bebek ve Küçük Çocuk Gıdası	Yağsız Soya Unu, Mango, Ispanak	Mangaraj vd., (2018)
Atıştırmalık Ürün	Elma Püresi	Lohani ve Muthukumarappan, (2017)
Atıştırmalık Ürün	Ananas Posası	Selani vd., (2014)
Atıştırmalık Ürün	Börülce Unu	Filli vd., (2011)
Atıştırmalık Ürün	Muz Tozu	Sukumar ve Athmaselvi, (2019)

Vitaminler ve mineraller, antioksidanlara ve diyet liflerine ek olarak dengeli bir beslenme için çok önemlidir ve bu nedenle meyve-sebzeler birçok sağlık yararı ile ilişkilendirilir (Vignola vd., 2018). Meyve ve sebze tüketiminin çeşitli kronik hastalıklara karşı koruyucu rolü, çeşitli epidemiyolojik çalışmalarda gösterilmiştir (Liu, 2003). İnsan beslenmesinde meyve ve sebzelerin tüketimi büyük önem teşkil etse de çoğu kişi bu yeme alışkanlığını düzene oturtmamıştır. Toplumlarda bu konu hakkında insanları düzgün beslenmeye teşkil edici reklamlar, kampanyalar yapıldığı bilinmektedir. Oliviero ve Fogliano (2016) tarafından; meyve-sebzenin pek çok değerli bileşenden dolayı çok sağlıklı olduğu hakkında tüketici bilinci yüksek olmasına rağmen, bu tüketicilerin çoğunda beslenme alışkanlıklarını değiştirmek zor olduğundan, meyve ve sebze tüketimini teşvik eden kamu kampanyalarının sonuçlarının sınırlı olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle meyve ve sebzelerin düzenli olarak yenen ürünlere dahil edilmesi gibi çeşitli avantajlara yol açan bir gıda stratejisi uygulaması hayata geçirilmiştir. Makarna, birçok ülkede diyetin baskın bir kısmını oluşturan, günlük veya haftalık olarak tüketilen temel bir besindir (Kill, 2007). Ayrıca kurutulmuş makarna, fitokimyasalları iyi koruyabilen uygun fiyatlı, uzun raf ömürlü bir üründür. Porsiyon büyüklüğü ve eklenebilecek sebze yüzdesi göz önüne alındığında, sebze makarna günlük önerilen sebze alımına önemli ölçüde katkıda bulunabilir (Martin, 2013). Bununla birlikte, makarnanın üretimi ve pişirilmesi besin değerini etkiler. Sebzelerde oluşan biyoaktif bileşikler kaynar suya sızabilir veya termal olarak bozunabilir (Liu, 2003). Dahası, sebzelerin dahil edilmesi, gluten ağırlığını seyreltme etkisine sahiptir, bu da makarnanın duyu özelliklerinin değişmesine ve nişasta granüllerinin şişmesi için glikemik indekste potansiyel bir artışa yol açar. Bu nedenle, bu tür bir yaklaşım, yalnızca, son üründe

sebzelerin istenen besin özelliklerini korumak için işleme koşulları optimize edilirse başarılı olur (Oliviero ve Fogliano, 2016).



Şekil 2.8. Bir ekstrüde ürünün hammadde karışımından tüketim aşamasına gelinceye kadar geçtiği basamaklar

Ekstrüzyon ile makarna ürünlerini pişirme ve yüksek sıcaklıkta kurutma, ısıya duyarlı biyoaktif bileşiklerin bozulmasına ve bu bileşenlerin önemli derecede azalmasına yol açabilir. Dolayısıyla pişme suyuna geçen madde miktarı artabilmektedir. Bu nedenle, makarna işleme adımlarının çoğu, nihai ürünün mineral, vitamin ve fitokimyasal konsantrasyonunun azaltılması gibi beslenme kalitesini etkileyebilir (Oliviero ve Fogliano, 2016). Sebze hücreleri hasar gördüğünde, fitokimyasalların bir kısmı pişirme ortamına geçebilmekte ve bunun yanı sıra, gluten ağı ve jelatinleştirilmiş nişasta, kaybı kısmen önleyebilmektedir (Rosentrater ve Evers, 2018). Yapılan bir çalışmada makarna ürünleri farklı

miktarlarda brokoli ile zenginleştirilmiş, pişirme sırasında tüm ürünlerin glukozinolat içeriğinde bir azalma gösterdiği bulunmuştur (Silva vd., 2013). Bu azalma; glukozinolatların suda çözünür bileşikler olması ve bu nedenle makarna ve eriştelere pişirme suyuna sızması ve ayrıca ısı işlem etkisiyle C vitamini gibi ısıya duyarlı fitokimyasalların kayba uğraması olarak açıklanmıştır (Van Boekel vd., 2010). Bununla birlikte ısı işlem, bazı fitokimyasalların biyo-erişilebilirliğini artıran tam tersi bir etki de gösterebilmektedir. Örneğin, pişirmenin β -karotenin biyo-erişilebilirliğini artırdığı bilinmekte olup, elde edilecek son üründe; eklenen sebzenin türüne, miktarına ve yapısına bağlı olarak farklı sonuçlara yol açması beklenmektedir (Van Boekel vd., 2010).

Ekstrüzyon işleme termal olarak verimli bir işlem olduğundan soya veya baklagiller gibi yüksek protein bazlı ürünlerin işlenmesinde de birçok avantaj sunmaktadır (Ajita, 2018). Bakliyat, glisemik ve kolesterol indeksleri stabilizasyonu, vücut lipit birikiminin azaltılması, bağırsak geçişinin teşvik edilmesi gibi farklı metabolik fonksiyonları teşvik ettiğinden ve bazı kanserlerin, osteoporozun, kalp hastalığının önlenmesinde rol oynayabildiğinden, günümüzde fonksiyonel glutensiz gıdalar olarak kabul edilmektedirler (Adegunwa vd., 2012). Böylelikle bakliyat, yüksek içerikli diyet lifleri ve kompleks karbonhidratlar içeren bitkisel protein kaynakları olarak ekstrüzyon formülasyonlarında yüksek besin değerine sahip fonksiyonel ve kullanışlı ürünler elde etmek için kullanılabilir ve tahıl bazlı atıştırmalıklara iyi bir alternatiftir (Morales vd., 2015). Baklagiller, tahılların yanısıra insanlar için ikinci olarak önemli bir kaynaktır ve gelişmekte olan ülkelerde insan beslenmesinde oldukça ciddi bir rolü bulunmaktadır (Gallegos-Infante vd., 2010). Özellikle makarna üretiminde protein,

folik asit, niasin, C vitamini, magnezyum, potasyum, demir ve diyet lifi gibi bileşenler bakımından zengin olan baklagillerin hamura eklenmesi, besin kalitesini önemli derecede artırmanın bir yoludur (Tazart vd., 2019). Mevcut tüketici eğilimleri ve kolaylığın yanısıra, düşük kalorili içeriğe ve yüksek miktarlarda protein, lif ve antioksidan gibi sağlık için faydaları olan kullanıma hazır yiyecekler tasarlamak isteyen bir araştırmada fasulye ve yulaf unu ile hazırlanan bir atıştırılabilir barda besinsel ve biyoaktif bileşik içeriği değerlendirilmiştir. Genel sonuçlar, fasulye ilavesinin fonksiyonel ürünlere değer katmak için bir alternatif olabileceğini göstermiştir (Ramirez-Jimenez vd., 2018).

Bitkiler, doğal formda veya işlendikten sonra çeşitli sağlık yararları sunan özelliklere sahip olabilmektedir. Bu etkileri kanıtlanmış olan sebzelerin tüketimi ise kronik hastalıkların ve kanserlerin önlenmesiyle ilişkilendirilmiştir (Gallegos-Infante vd., 2010). Sebzelerdeki antioksidan aktiviteler, serbest radikal reaksiyonlarını önlemede önemli bir konuma sahip olduklarından ve insan vücudunu çeşitli sağlık sorunlarına karşı koruduğundan; tüketicilerin ve araştırmacıların zamanla bu gıdalara yönelimini artırmıştır (Adelakun ve Olusegun, 2011). Ayrıca gıda tohumları da demir, A vitamini, B vitaminleri, iyot, çinko, C vitamini, kalsiyum, selenyum gibi protein ve mikro besinler de dahil olmak üzere temel besin maddelerini yüksek derecede içerdiği için özellikle makro ve mikro besin yetersizliği olan gelişmekte olan ülkelerdeki tüketiciler için takviye kaynağı olarak düşünülmektedir (Odelakun ve Oyelade, 2011).

Bu tez çalışmasında tüketime hazır çabuk erişte ürünlerini zenginleştirmek için bamya tohumu, yeşil fasulye tozu ve domates tozu ürünleri protein, yağ,

antioksidan aktivite ve fenolik bileşenler bakımından zengin olduğu için tercih edilmiştir.

a) Bamyacı

Tropikal ve subtropikal bir bitki olan Bamyacı (*Hibiscus esculentes L.*), Afrika'dan Asya'ya, Güney Avrupa'ya ve Amerika'ya yaygın olarak bulunan Malvaceae familyasına aittir ve sıcaklığa/kuraklığa karşı en toleranslı sebze türleri arasındadır (Çalışır vd., 2005). Yunanistan ve Türkiye dışında çoğu Avrupa ülkesinde yaygın bir sebze değildir. Türkiye'de kurutulmuş ya da taze olarak tüketilen bir sebze olan bamyacı, genellikle A, C ve B vitaminleri, demir ve kalsiyum, diyet lifi ve fenolikler gibi iyi bir besin ve biyoaktif bileşik kaynağı olarak bilinmektedir (Karkle vd., 2009). Ayrıca çalışmalar, bamyacı tohumunun çok iyi derecede yağ ve protein kaynağı olma potansiyelini doğrulamış ve bu tohumun tüketiminin insanlarda kronik hastalıkların önlenmesine yardımcı olacağı öngörülmüştür (Adelakun vd., 2009). Bamyacı tohumu yüksek derecede kaliteli yağ ve protein kaynağı olmakla birlikte yüksek fenolik bileşen içeriğine de sahiptir (Xu vd., 2020). Bamyacı bitkisinin protein, yağ ve antioksidan aktivite açısından en zengin kısmının, kurutulmuş tohum olduğu belirtilmiştir (Adelakun ve Olusegun, 2011). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü tarafından ise bamyacı, referans protein olarak tanımlanmıştır (Yuan vd., 2020). Tüm bu bilgilerin yanısıra, kavurma gibi sıcaklık etmenli ön işlemlerin bamyacı tohumunun antioksidan özelliklerini artırabileceği de bildirilmiş olup, bu nedenle bamyacı tohumunun, insan beslenmesinde giderek daha değerli bir ürün haline gelmesi beklenmektedir

(Adelakun ve Olusegun, 2011). Şekil.'de bamya ve bamya tohumuna ait görsel verilmiştir.



Şekil 2.9. Bamya sebzesi ve bamya tohumu

b) Yeşil Fasulye

Bakliyatlar, özellikle gelişmekte olan ülkelerdeki insanların beslenmelerinde önemli bir protein kaynağı oluşturmakta olup; güvercin bezelyesi (*Cajanus cajan*), kuru fasulye (*Phaseolus spp.*), bezelye (*Pisum spp.*), kuru börülce (*Vigna unguiculata*), kuru bakla (*Vicia faba*), nohut (*Cicer arietinum*), Bambara yer fıstığı (*Vigna subterranea*) ve mercimek (*Lens culinaris*) başlıca baklagillere örnek olarak sayılabilmektedir (Alam ve Aslam, 2021). Fasulye, insan beslenmesinde önemli payı olan, yağ oranı düşük, proteinler, vitaminler, kompleks karbonhidratlar, organik asitler ve mineraller açısından oldukça zengin ve antioksidan, β -karoten ve antikarsinojenik aktivite bakımından iyi derecede polifenol kaynağı olarak tanımlanmıştır (Gallegos-Infante vd., 2010). Ayrıca Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.), dünya çapında yeşil fasulye veya kuru fasulye tohumları olarak tüketilen en önemli baklagillerden olmasının yanısıra, gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerde pek çok insan için zengin ve ucuz besin kaynağı olarak yerini almıştır (Ai vd., 2016). Fasulyenin bu sağlık yönünden faydaları, çeşitli gıda ürünlerine

kombinasyon olarak kullanılmasına yönelik ilgiyi artırmıştır (Korus vd., 2006). Bu nedenle tüketime hazır ekstrüde atıştırma ürünlerinin ve makarna ürünlerinin formülasyonunda, diğer nişastalı bileşenlere ek olarak genellikle bakliyalardan ve özellikle fasulyelerden elde edilen unlar da kullanılmaktadır. Baklagillerin ürünlere dahil edilmesi, ürünlerin birçok açıdan zenginleşmesine neden olmaktadır (Xu vd., 2020).

c) Domates

Domates, dünyanın önemli bir mahsulüdür ve önemli bir vitamin, mineral ve protein kaynağı olan bir türdür (Torres-Leon vd., 2018). Domates, en popüler tarım ürünlerinden biridir ve meyve suyu, çorba, püre, ketçap gibi çok çeşitli ürünlerde temel hammadde olarak kullanılmaktadır (Dehghan-Shoar vd., 2010). Domatesin geniş bir tarihi bulunmakta olup 1493'te Avrupa'da domatesle ilk karşılaşan kişinin Kristof Kolomb olduğu ve Heman Cortes'in ise domates tohumlarını Avrupa'ya götüren ilk insan olduğu sonrasında ise 14. Yüzyılda Avrupa'da yayıldığı bildirilmektedir (Maskan ve Altan, 2012). Domates, çeşitli çevresel koşullarda ve iklimlerde yetiştirilebilmekte olup likopen ve karotenoidler, domateste bulunan renkten de sorumlu temel pigmenttir (Padalino vd., 2017). Ayrıca domates iyi bir kalsiyum, magnezyum, fosfor ve potasyum kaynağı olmakla birlikte tamamen olgunlaşmış kırmızı domates, güçlü bir antioksidan aktiviteye sahiptir. Likopen içeren domates ve domates ürünlerinin tüketilmesinin, özellikle sindirim sistemi kanserleri, prostat kanseri ve pankreas kanseri riskinin azalmasıyla ilişkili olduğu da tespit edilmiştir (Knoblich vd., 2005). Ayrıca işleme sırasında meydana gelen domates posası, meyvenin kurutulmuş ve ezilmiş kabuklarından ve tohumlarından

oluşur ve bu potansiyel bir lif, protein ve yağ kaynağı olarak sektörde kullanılabilir (Maskan ve Altan, 2012). Domates artıkları, yüksek antioksidan içeriğinden dolayı sadece yüksek besin değeri sağlamakla kalmayıp aynı zamanda faydalı sağlık özellikleri de sağlayan β -karoten ve likopen gibi karotenoidler gibi biyoaktif moleküller için de iyi bir kaynaktır (Torres-Leon vd., 2018). Domates hem görsel olarak sunduğu olumlu yönleri, başka gıdalara toz halinde kolay uygulanabilmesi, hoş bir tat ve aromaya sahip olması ve özellikle tüketime hazır erişte ve benzeri ürünlerde besinsel ve biyoaktif özellikler bakımından iyi bir zenginleştirme kaynağı olması sayesinde gıda sektöründe çokça tercih edilmektedir (Dehghan-Shoar vd., 2010).

Sonuçta, toplumun yaşam tarzındaki değişiklikler, beslenme alışkanlıklarının değişmesine ve dolayısıyla tüketime hazır, kolay taşınabilen, çabuk tüketilebilen gıdalara yönelimi artırmıştır. Günümüzde teknoloji ve buna bağlı olarak gıda işleme tekniklerindeki gelişmeler değişik gıda ürünlerinin tüketicilere sunulmasına neden olmuştur. (Maskan ve Altan, 2012). Bu tarz gıdalara yönelim ise beraberinde ekstrüzyon teknolojisinin gıda işleme endüstrisinde önemli bir paya sahip olmasını getirmiştir (Yolmeh ve Jafari, 2017). Ekstrüde edilmiş ürünün sertliğinde, genişlemesinde vb. istenmeyen kalite özellikleri meydana gelmemesi için fonksiyonel bileşenler, dikkatlice kontrol edilen miktarlarda dahil edilmelidir (Singh vd, 2007).

2.2.1. Atıştırılmalık Gıda Ürünleri

Aperatif gıdalar, insanların yaşam şeklinin de değişmesi ile birlikte tüketiciler açısından oldukça popüler hale gelmiştir (Alam ve Aslam, 2021). Ekstrüzyonla pişirme de dahil olmak üzere çok çeşitli işleme teknikleri kullanılarak üretilebilirler (Dehghan-Shoar vd., 2010). Ekstrüde atıştırılmalıklar, tüketicilerin hayal gücünü yakalayan çeşitlere dönüştürülebildiğinden, atıştırılmalık yiyecekler arasında büyük bir büyüme potansiyeline sahiptir ve yaygın olarak tüketilen hazır gıda ürünleridir (Awolu vd., 2015). Fazla miktarda atıştırılmalık tüketmek kalp damar hastalıkları, obezite ve yetersiz beslenme gibi sağlık sorunlarına yol açabilmektedir. Ayrıca nişasta, ekstrüde edilmiş çerezlerin ana bileşenidir ve yapısal özelliklerinin çoğundan sorumludur. Bu nedenle, bu atıştırılmalıklar enerji açısından yoğun olmakla beraber, beslenme açısından zayıftır ve dolayısıyla bu ürünler faydalı bileşenlere sahip gıdalar ile zenginleştirilerek hem besleyici nitelik kazanmalı hem de görece sağlıklı bir hale getirilmelidir (Büyükyazı, 2020). Sonuç olarak, atıştırılmalık ürünler birçok bireyin, özellikle de çocukların beslenmesinin önemli bir parçası haline geldiği için, bu ürünlerde zenginleştirme yoluna gitmek, mükemmel bir araç olarak yerini almıştır (Felix-Medina, 2020). Tüketiciler için çekici olan tat, koku ve dokudaki duyuşsal niteliklerin yanı sıra besin içeriğini iyileştirmek için ekstrüzyon teknolojisi en uygun yöntemlerdendir (Nakhon vd. 2018).

Ekstrüde edilmiş tahıl ürünleri, yüksek stabiliteleri ve dayanıklılıkları nedeniyle popüler hale gelmiştir. Bununla birlikte, genellikle beslenmedeki birincil enerji kaynağıdır ve bu da onları biyoaktif bileşiklerle zenginleştirmeye uygun hale getirmektedir (Dehghan-Shoar vd., 2010). Domates (Dehghan-Shoar vd., 2010),

kurutulmuş yaban mersini ve ahududu (Camire vd., 2007), baklagiller (Anuonye vd., 2012), mor patates (Nayak vd., 2011), kurutulmuş brokoli (Bisharat vd., 2013) ürünlerinin de geleneksel tahıl ekstrüdatlarına dönüştürülmesi önerilmekte ve yapılan çalışmalarda uygulanmaktadır. Geleneksel tahıl ekstrüdatlarına domates veya brokoli gibi sebzelerin eklenmesi, tüketicilerde karotenoid tüketimini artırabilirken, kırmızı veya mor renkli meyve ve sebzeler ile zenginleştirilen ürünler aracılığı ile ise polifenoller artırılmaktadır (Kolniak-Ostek vd., 2017). Meyveler, sebzeler, yapraklar, yağlı tohumlar, tahıl bitkileri, kökler ve baharatlar potansiyel antioksidan bileşen kaynakları olarak atıştırmalık ekstrüde ürünlerde tercih edilmektedir (Krishnaiah vd., 2011).

Shaviklo vd., (2015) yaptıkları çalışmada, ekstrüde edilmiş atıştırmalık ürün üretmek için belli oranlarda mısır ezmesi, karides tozu ve şeker kullanmış; sonuçta elde edilen ürünlerde duyu kaliteyi etkileyen koku, lezzet, doku özellikleri incelenmiştir. İstenen özellikte ürün eldesi için; 96 g/100g mısır ezmesi, 3 g/100g karides tozu ve 1 g/100g şeker içeren karışımın optimum koşullar olduğu tespit edilmiştir. Alam vd., (2016) tarafından yapılan çalışmada düşük maliyetli ve besleyici ekstrüde aperatif ürün üretmek için pirinç, yağsız soya fasulyesi unu, havuç posası tozu ve karnabahar tozları içeren karışım hazırlanmıştır. Kalıp sıcaklığının ürün üzerindeki en etkili parametre olduğu görülmüştür. Yanıt yüzey grafiklerinde gözlemlenen sonuçlara göre %76 oranında kabul edilebilir ekstrüde ürün eldesi için optimum koşulların 164°C kalıp sıcaklığı, 313 dev/dk vida hızı ve 85: 7.5: 3.35: 3.25 oranlarında pirinç: yağsız soya unu: havuç püresi unu: karnabahar tozu olduğu bildirilmiştir. Bu şekilde yapılan üretim sonucunda ürünlerin besleyiciliği artmış ve üründe 10.25 g/100 g protein, 0.84 g/100g lif tespit

edilmiştir. Gbenyi vd., (2016) belli oranlarda hazırlanan sorgum ve börülce un karışımlarını tek vidalı ekstrüder kullanarak % 20, % 22.5, % 25 nem değerlerinde ve 120, 140, 160°C kalıp sıcaklıklarında işleme tabi tutmuşlar ve faktörlerin ekstrüde sorgum-börülce atıştırmalık ürünleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. % 11-20.4 arasında besleme kompozisyonu, % 21.5-25 arasında besleme nemi, 120-150 °C aralığında ekstrüzyon sıcaklığı şartlarının en iyi sonuçları verdiği gözlenmiştir. Bir başka çalışmada yulaf, bezelye, çemen tohumu unundan oluşan sağlıklı ekstrüde atıştırmalık ürünleri üretilmek istenmiştir. Wani vd., (2016), bu çalışmada, yüksek kaliteye sahip ürünün; %12 nem, 110 °C ekstrüzyon sıcaklığı ve 200 dev/dk vida hızı değerlerinde üretildiğini tespit etmiştir. Lohani ve Muthukumarappan, (2017) yaptıkları çalışmada, sıcak ekstrüzyonla elde edilen atıştırmalık ürünlerdeki besinsel ve biyoaktif bileşenlerin kaybını önlemek amacı ile mısır unu, sorgum unu ve elma püresi karışımına bir de ilave olarak ekstrüzyon esnasında CO₂ püskürtmesi uygulamışlardır. % 30 elma posası, 25 g/100g nem içeriği, 97°C ekstrüder sıcaklığı, 100 dev/dk vida hızı koşullarında üretilen ürünlerin, kontrol ekstrüdatlarına göre toplam fenolik madde içerikleri (%12 daha fazla) ve aktioksidan aktiviteleri (% 7 daha fazla) açısından daha iyi korunduğu görülmüştür. Mısır nişastasından tüketime hazır sebze çorbası üretmede ekstrüzyon teknolojisinin kullanım olanağı hakkında çalışma yürüten Gandhi vd., (2018) ise; besleme nem içeriği, kalıp sıcaklığı ve vida hızının ekstrüde ürün üzerinde anlamlı bir etkisinin olduğunu görmüştür. %16.13-18 besleme nem içeriği, 400-429 dev/dk vida hızı ve 125-137°C kalıp sıcaklığı koşullarında üretilen ürünler istenilen kalite parametrelerini sağlamıştır. Nakhon vd., (2018) tarafından yapılan çalışmada, çimlenmiş kahverengi pirinç ve balkabağı unu ile sağlıklı atıştırmalık üretimi

amaçlanmıştır. Çalışmada üç farklı balkabağı unu oranı (%10, 20, 30) ve üç besleme nem içeriğinin (%13, 16, 19) ürünlerin fenol miktarı ile görünüm ve sertlik gibi duyuşal özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. 350 rpm vida hızı ve 140°C ekstrüzyon sıcaklığı koşullarında; %10-13 balkabağı unu, %13-14 besleme nem içeriği optimum koşullar olarak bulunmuştur.

2.2.2. Makarna Ürünleri

Makarna, geleneksel olarak sert durum buğdayından (*Triticum durum*) öğütölmüş irmikten yapılan makarna, spagetti, erişte, erişte vb. ürünleri tanımlamak için kullanılan ortak terimdir. Makarna ürünlerinin 13. yüzyılda Çin'den İtalya'ya gelip tanıtıldığına ve ilk olarak ise 15. yüzyılda Almanya'da üretildiği söylenmektedir (Rosentrater ve Evers, 2018).

Son zamanlarda, makarnaların çok uzun süre pişirme ihtiyacını ortadan kaldırmak için yapılan araştırmalar, hazır erişte üretimiyle sonuçlanmıştır. Ön-piştirilmiş, kurutulmuş ve ticari olarak paketlenmiş çeşitli "hazır eriştelere" de marketlerde yerini almıştır. Bu eriştelere, yenmeden önce birkaç dakika kaynar suda pişirme süresi kadar bekletilmekte ve tüketilmektedir (Adegunwa vd., 2012). Bu sayede, hızlı yaşam koşullarına artık gıda ürünleri de uyum sağlamaya başlamış ve tüketiciler tarafından oldukça popüler ürün grubu haline gelmiştir.

Günümüzde sebzelerle zenginleştirilmiş çabuk makarna üretimi, meyve-sebze alımını artırmak için temel bir strateji haline gelmiştir. Ayrıca taze meyve-sebzeler depolama, nakliye vb. sırasında kolayca bozulabildiği ve dolayısıyla israfa çok açık hale geldiği için bu şekilde kullanımı daha da çekici hale gelmiştir (Büyökyazı,

2020). Eriřtelerin diyet lifi ile zenginleřtirilerek glisemik indeks dűřürűlmesi, proteinle zenginleřtirilerek sporcular ve beslenme yetersizlięi olanlara ulařılması, omega-3 yaę asitleri ile zenginleřtirilerek ise kardiyovaskűler olarak riskin dűřürűlmesi hedeflenmektedir (Oliviero ve Fogliano, 2016). Gűnűműzde makarnalarda yalnız duyusal ve renk anlamında bir iyileřtirme yapmanın yanısıra besleyici ۆzellik bakımından ۆrűn zenginleřtirmesi ve inceleme yapılması, akademik çalıřmalarda da yerini almıřtır.

Wang vd., (2016)' nin yaptıkları çalıřmada makarnada beklenen ۆzellikler olan yűksek sertlik, dűřűk yapıřkanlık, dűřűk piřme kaybı ve iyi bir matrikste ۆrűn ۆretmek istemiřlerdir. Ekstrűzyon sıcaklıęı ve vida hızının, temel bileřeni kahverengi pirinç unu olan glutensiz makarna ۆrűnűne etkisini yanıt-yűzey metodu kullanarak bulmayı amaçlamıřlardır. 120°C ve 120 dev/dk vida hızına sahip ekstrűder kořullarında ۆretilen ۆrűnlerin % 6.7 piřme kaybı, 2387.2 g sertlik, -7 g.s yapıřkanlık deęerleri sayesinde dięer glutensiz ۆrűnlere benzer ۆzelliklere sahip olduęu ve kahverengi pirincin bu sektörde kullanılabileceęi gűrűlműřtűr. Sobowale vd., (2018) yaptıkları çalıřmada cocoyam (tropik bűlgelerde yetiřen niřasta içerięi yűksek sebze) eriřtelerinin kalite ۆzelliklerinde besleme nem içerięi, vida hızı ve kalıp sıcaklıęının etkilerini arařtırmıřlar ve sonuçta; karıřım kompozisyonu, termo-fiziksel ve fizikokimyasal ۆzellikler ve eriřtelerin renkleri ekstrűzyon parametrelerinden ۆnemli derecede etkilendięi gűrűlműřtűr. % 47.5 besleme nem içerięi, 700 rpm vida hızı ve 55°C kalıp sıcaklıęı kořullarında ۆretilen eriřtelerin, duyusal açıdan da en kabul edilebilir ۆzelliklere sahip ۆrűnler olduęu bulunmuřtur. Bařka bir çalıřmada gıda yan ۆrűn/atıkları ile zenginleřtirilmiř makarna ۆretimi hedeflenmiřtir (Spinelli vd., 2019). Bu amaçla mısır kepeęi, ۆzűm

posası tozu, bira endüstrisinde yan ürün olan tahıl unu olmak üzere 3 farklı yan ürün/atık kullanılmıştır. Toplam fenolik madde içeriği bakımından % 15 tahıl unu ya da % 15 üzüm posası; duyuşal özellik bakımından 10 g/100g tahıl unu, 8.5 g/100 g üzüm posası ya da 11 g/100 g mısır kepeği en yüksek sonucu vermiştir. Toplam kalite indeksinin maksimumda olduğu değerler ise yaklaşık % 10 tahıl unu, % 9 üzüm posası tozu ya da %10 mısır kepeği olarak bulunmuştur. Sonuçlar, üründe hem duyuşal hem de besinsel özellikleri yüksek tutarak zenginleştirilmiş makarna üretilebileceğini göstermiştir.

2.2.3. Bebek ve Küçük Çocuk Gıdaları

Ekstrüzyonla pişirme, bebek mamaları hazırlamak için yeni bir yöntemdir ve son yıllarda bu konu hakkında yapılan çalışmalar da artmaya başlamıştır. Kullanılan ekstrüderlerin tipi, ekstrüzyon koşulları, besleme karışımının parçacık boyutu ve nem içeriği ekstrüzyon teknolojisi ile üretilen bebek mamalarının özelliklerini etkileyen önemli faktörlerden bazılarıdır (Akhtar vd., 2015).

Ali vd., (2016) ekstrüzyon yöntemi ile yüksek kaliteli ve düşük maliyetli hammaddelerden bebekler için katı gıda başlangıcı ürünü elde etmeyi amaçlamışlardır. Çift vidalı ekstrüdere girecek karışımında maş fasülyesi ve mısır unu (30:70) kullanılmış olup, % 14 besleme karışımı nem içeriği, 524 dev/dk vida hızı, 174°C kalıp sıcaklığı olarak belirlenen optimum ekstrüder koşullarında; 0.065-0.071 g/cm³ yığın yoğunluğu, 4.03-4.06 g/g su absorplama indeksi, % 29.86-31.67 suda çözünübilirlik indeksi, %84.82-91.92 jelatinizasyon dereceleri istenen fonksiyonel özellikler olarak tespit edilmiştir. Atukuri vd., (2018) yüksek

protein içeriği ve yüksek protein sindirilebilirliği, düşük yığın yoğunluğu ve düşük viskoziteye sahip bir ürünle ekstrüzyon çalışması yapmak istemişlerdir. Bu amaçla, duysal açıdan da kabul edilebilirliği yüksek olan amarantı çalışmalarında kullanmak üzere seçmişlerdir. 150°C ekstrüder sıcaklığı, 50 Hz vida hızı, % 14.41 nem içeriği optimum koşullar olarak bulunmuş ve elde edilen verilerin % 71 oranı ile kabul edilebilirliğe sahip olduğu tespit edilmiştir. 9-18 yağ arasındaki çocuklarda hastalık kaynaklı beslenme yetersizliği ile mücadele etmek için zenginleştirilmiş ekstrüde ürün üretmeyi hedefleyen Mangaraj vd., (2018) ise mısır ve pirinç unu bazlı üründe yağsız soya unu, soya protein izolatı, kahve beyazlatıcısı, mango ve ıspanak ürünleri ile çalışmışlardır. Protein ve yağ içeriği en yüksek ürün, 35:35:15:10:5 oranlarındaki mısır: pirinç: yağsız soya unu: kahve beyazlatıcısı: soya protein izolatı ile sağlanmışır. Tat, koku, renk, görünüm ve genel olarak kabul edilebilirlik gibi duysal özellikler açısından en yüksek değeri, 10 üzerinden 7.46 puanı ile mango içeren ürün vermiştir. Duysal açıdan 0.88 değeri ile kabul edilebilirlik açısından en yüksek sonucu, % 10 yağsız soya unu ve % 5 soya protein izolatı vermiş ve soya bazlı ürünlerin anlamlı sonuç verdiği görülmüştür. Tüm ürünler için değişkenler ve yanıtlar arasında iyi bir uyum olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak bakıldığında; ekstrüzyonla pişirme teknolojisi, genellikle tanecikli veya toz halindeki tarımsal ürünleri; tamamen pişmiş, düşük nemli, rafta stabil halde durabilen gıda ürünlerine dönüştüren, yüksek sıcaklık- kısa süreli, çok yönlü ve modern bir gıda ünitesi işlemdir (Büyükyazı, 2020). Bu sürecin bir sonucu olarak, gıdanın işlevsel özellikleri değiştirilir ve gıdanın besleyici ve fitokimyasal bileşimi etkilenebilir (Morales vd., 2015). Gıda endüstrisi ise tüketicilerin yararına olan protein, diyet lifi, vitamin ve mineral (Fe, Zn) açısından zengin fonksiyonel

ürünler geliştirmek için ekstrüzyon işlemenin özelliklerinden yararlanmakta ve tüketicilere sunmaktadır (Ciudad-Mulero vd., 2020).

Bu çalışmada, özellikle gençler tarafından oldukça fazla tüketilen çabuk makarna-erişte ürünleri üzerinde çalışılmış ve besinsel, biyoaktif ve fonksiyonel açıdan iyi özellikte ürün eldesi amaçlanmıştır. Protein, lif, vitamin-mineraller, antioksidan ve fenolik özellikler açısından önemli olan yeşil fasulye, domates ve bamya tohumu ürünleri kullanılmış ve erişteler belli oranlarda bu sebze tozları ile zenginleştirilmiştir. Hamur karışımları ekstrüdere beslenmiş, farklı ekstrüder sıcaklıklarında üretim sağlanmıştır. Çalışma sonucunda, sebze tozları ve sıcaklık faktörlerinin erişteler üzerindeki etkileri incelenmiştir.

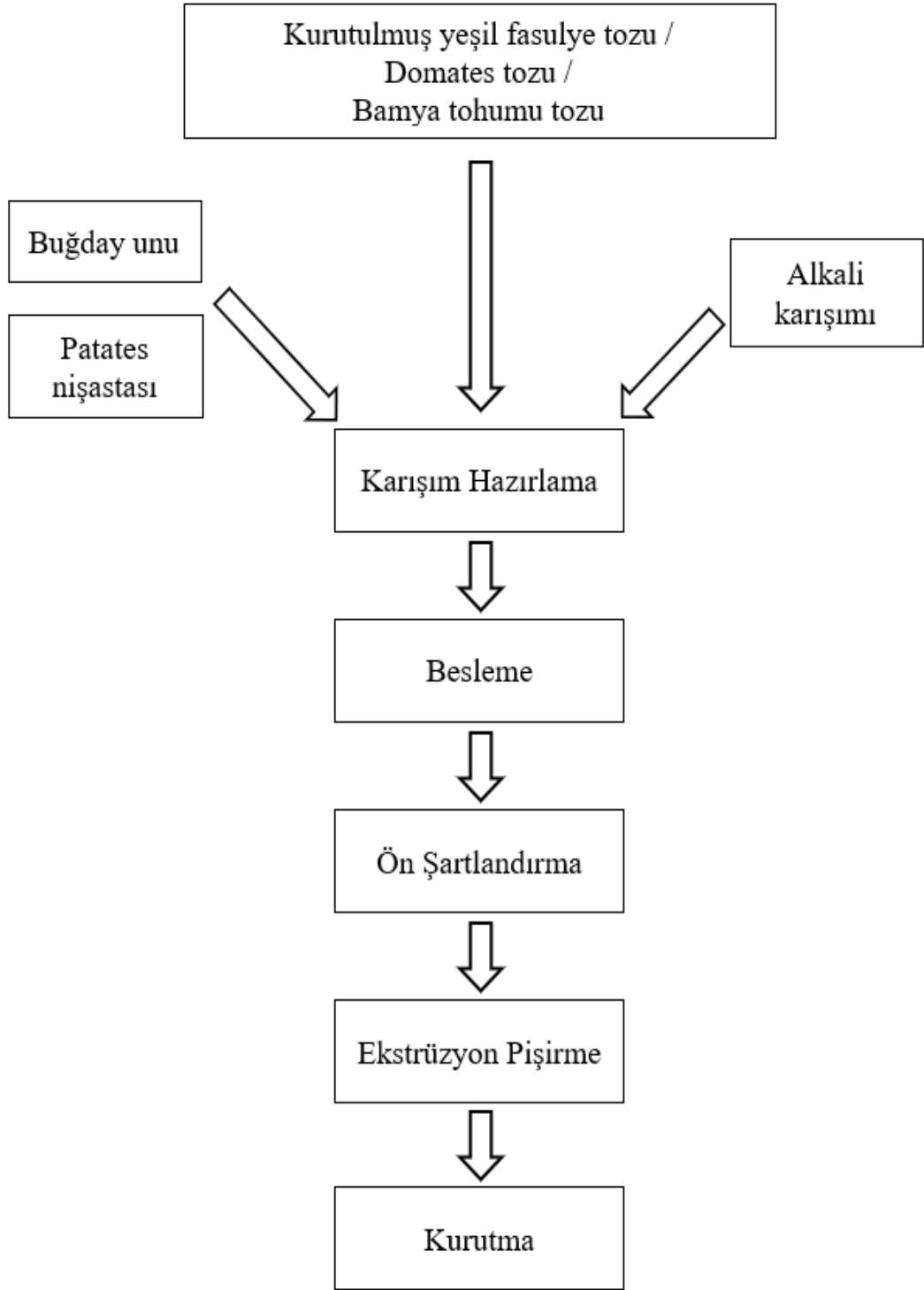
3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Hammadde olarak makarnalık buğday unu, mısır nişastası, tuz, potasyum karbonat, sodyum karbonat, kurutulmuş domates tozu, kurutulmuş yeşil fasulye tozu ve bamya tohumu tozu kullanılmıştır. Buğday unu, Çınar Mayacılık Gıda Tarım Meşrubat San. ve Tic. Ltd. Şti.; potasyum karbonat (K_2CO_3) ve sodyum karbonat (Na_2CO_3), Tekkim Kimya San ve Tic. Ltd. Şti.; tuz ($NaCl$) ve patates nişastası, yerel bir marketten temin edilmiştir. Ayrıca domates tozu, Kurucum Gıda (Isparta); bamya tohumu yerel bir marketten temin edilip öğütme cihazında (Abencor Hammer Mill, MM-100, İspanya) toz haline getirilmiş; taze yeşil fasulye yerel bir manavdan alınarak yaklaşık 3 cm parçalar halinde 7 gün boyunca (% 9-10 nem değerine gelene kadar) cam bölmeli alanda toza uzak bir şekilde kurutma yöntemi kurutulmuş ve öğütme cihazında toz haline getirilmiştir (250 μm). Toz hammaddelerin nem içeriği yaklaşık 10 ± 0.3 % olup, buzdolabında 3-4°C'de muhafaza edilmiştir.

3.2. Yöntem

Hammadde temininden son ürüne kadar örneklerin üretimine ait akış şeması Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Zenginleştirilmiş çabuk erişte üretim akış şeması

3.2.1. Örnek Hazırlama

Tez çalışmasında, ekstrüzyon yöntemi ile elde edilen kontrol örneği bileşimi; 100g buğday unu / 100g buğday unu, 25g nişasta / 100 g buğday unu, 2.5g tuz / 100 g buğday unu ve 0.25g alkali tuz karışımı (sodyum karbonat: potasyum karbonat; 1:1) / 100g buğday unu karışımından hazırlanmıştır. Bileşenler Kitchen Aid Mikser (St. Joseph, Mich., USA) ile orta hızda 10 dk karıştırılmıştır. Kontrol ve sebze tozu ile zenginleştirilmiş karışımların nemi yaklaşık olarak %13'tür.

3.2.2. Ürün Bileşimi

Ekstrüdere beslemek üzere hazırlanan zenginleştirilmiş erişte karışımlarının % içerikleri ve ürünlerin isimlendirilmesi Çizelge 3.1'de verilmiştir. Kurutulmuş yeşil fasulye tozlu, domates tozlu ve banya tohumu tozlu ürünler; 0:100, 4:96, 8:92, 12:88 oranında buğday ununa eklenmiş ve bu karışıma %25 oranında patates nişastasası, %2.5 oranında tuz ve % 0.25 oranında ise alkali tuz karışımı (K_2CO_3 ve Na_2CO_3) eklenmiştir.

Çizelge 3.1. Erişte ürünlerine ait kodlama formülasyonları

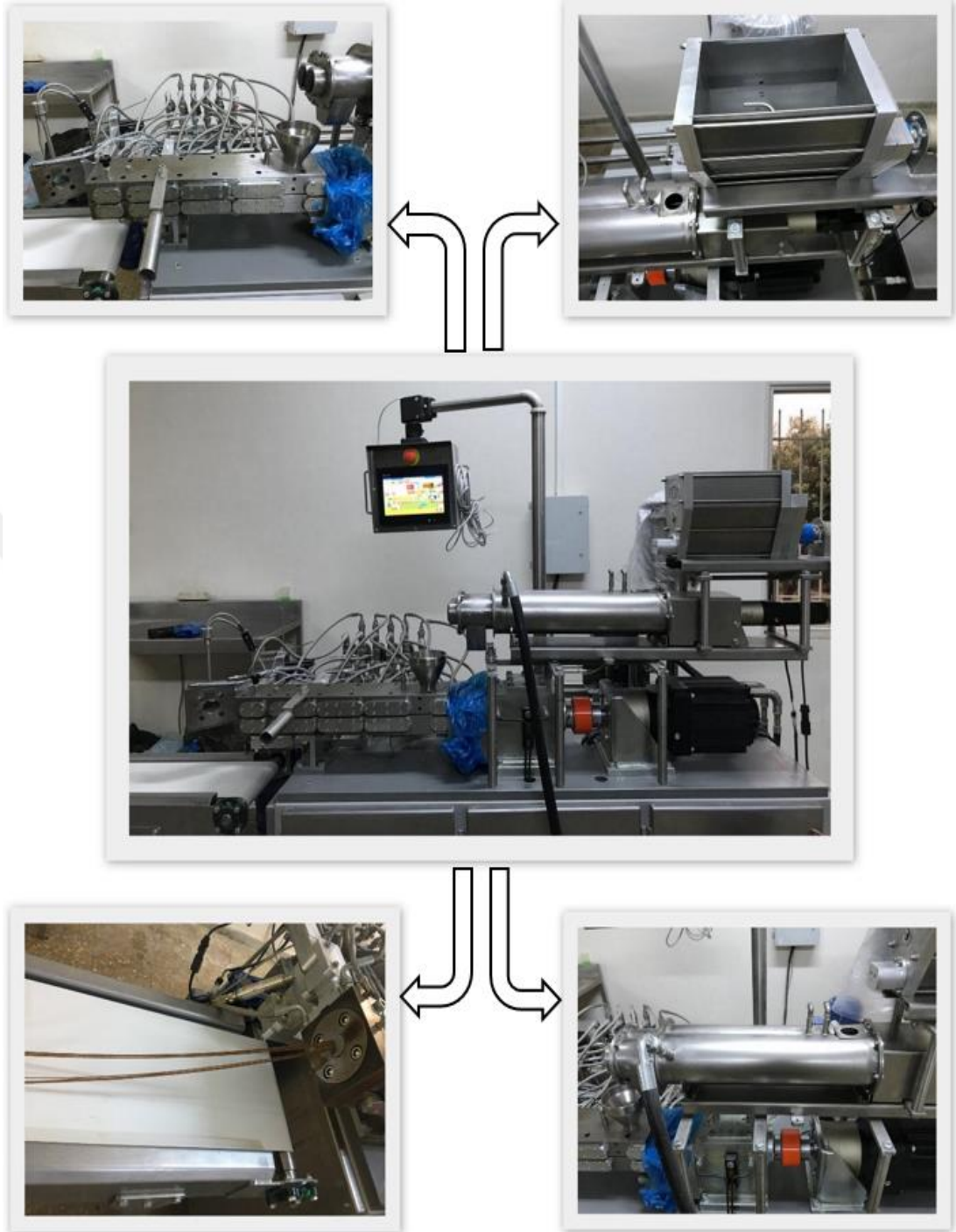
Örnek	Kalıp sıcaklığı (°C)	Buğday unu (g)	Yeşil fasulye (g)	Domates (g)	Bamya tohumu (g)	Patates nişastası (g)	Tuz (g)	Alkali (g)
K-80	80	100				25	2,5	0,25
K-100	100	100				25	2,5	0,25
F4-80	80	96	4			25	2,5	0,25
F4-100	100	96	4			25	2,5	0,25
F8-80	80	92	8			25	2,5	0,25
F8-100	100	92	8			25	2,5	0,25
F12-80	80	88	12			25	2,5	0,25
F12-100	100	88	12			25	2,5	0,25
D4-80	80	96		4		25	2,5	0,25
D4-100	100	96		4		25	2,5	0,25
D8-80	80	92		8		25	2,5	0,25
D8-100	100	92		8		25	2,5	0,25
D12-80	80	88		12		25	2,5	0,25
D12-100	100	88		12		25	2,5	0,25
B4-80	80	96			4	25	2,5	0,25
B4-100	100	96			4	25	2,5	0,25
B8-80	80	92			8	25	2,5	0,25
B8-100	100	92			8	25	2,5	0,25
B12-80	80	88			2	25	2,5	0,25
B12-100	100	88			12	25	2,5	0,25

3.2.3. Ekstrüzyon Pişirme

Çalışma kapsamında ön denemeler yapılmış ve uygun görülen konvansiyonel ön şartlandırıcı ile eş yönlü dönen çift vidalı laboratuvar tipi ekstrüder (Feza Makine Ltd. Şti., İstanbul, Türkiye) kullanılarak üretimler gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.2). Isı ceketli ön şartlandırıcı sıcaklığı 65°C’de sabit tutulmuştur (EK 2). Ön şartlandırıcıda karışım yaklaşık 3 dakika boyunca tutulmuştur.

Ön şartlandırıcıdan çıkan karışım 60 g/dk besleme hızında ekstrüdere beslenmiş olup, hammadde karışımının ekstrüdere giriş nemi yaklaşık olarak %12-13'tür. Ekstrüder, 25:1 boy (L): çap (D) oranına ve 7x1 mm (delik sayısı*delik çapı) kalıp çapına sahiptir. Ekstrüderin 3.bölgesinin sıcaklığı 80°C ve 100°C olarak değiştirilmiştir. Diğer bölgelerde ise birinci bölge 50°C, ikinci bölge 70°C, dördüncü bölge 80°C'de sabit bırakılmıştır. Vida hızı 100 dev/dk olarak belirlenmiştir. Su besleme hızı 24 ml/dk olup, dolayısıyla besleme nem değeri %40 olmuştur. Ekstrüder kovanı boyunca vida konfigürasyonu sabit tutulmuştur.

Elde edilen ürünler, nem değerleri yaklaşık %3-4'e gelene kadar 95°C'de 1.5 saat kurutulmuştur. Oda sıcaklığında soğutulan ekstrüde çabuk erişte ürünleri kilitli poşetlerde ve uygun muhafaza koşulları altında depolanmıştır. Ayrıca %12 oranında bitkisel toz ile zenginleştirilmiş eriştelere ait ekstrüderden çıkmış ve pişmiş hallerine ait görseller EK-1' de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Erişte ürünlerinin üretiminde kullanılan gıda ekstrüderi ve bölümleri

3.2.4. Ürünlerde Yapılan Fiziksel Analizler

3.2.4.1. Pişme Süresi

500 ml'lik behere 25 g ürün tartılmış, 450 ml 100°C saf su ilave edildikten sonra beherin ağzı kapatılmıştır. Daha sonra her 10 saniyede bir, teker teker örnek alınarak cam levhalar arasında sıkıştırılmıştır. Ürünün ortasında pişmemiş beyaz kısım görünmeyene kadar örnekler alıp sıkıştırma işlemine devam edilmiştir. Cam levhaların arasında sıkıştırılan numunede gözenekli beyaz kısmın kalmadığı süre, optimum pişme süresi olarak kaydedilmiştir (AACC, 2000).

3.2.4.2. Pişirme Suyuna Geçen Madde Miktarı

Optimum pişme süresi belirlendikten sonra örnekler belirlenen süre kadar bekletilmiş, süre sonunda 500 ml'lik behere süzölmüş ve durulanmıştır. Pişirme ve durulama suyu saf su ile 500 ml'ye tamamlanmış ve karıştırıldıktan sonra, önceden darası alınmış olan 100 ml'lik beherlere 50'şer ml alınmıştır. Bu aşamadan sonra ise beherler 105C'ye ayarlanmış etüvde sabit tartıma gelene kadar kurutulmuştur. Suyu geçen madde miktarı kuru ağırlığa göre AACC (2000) baz alınarak hesaplanmıştır.

3.2.4.3. Su Absorplama Kapasitesi

Gimenez vd. (2013) yöntemine göre hesaplanmıştır. 500 ml'lik behere, yaklaşık 10 gram zenginleştirilmiş ekstrüde çabuk erişte numuneleri tartılmış, üzerine 200 ml 100°C'de saf su ilave edilmiştir. Tespit edilen pişirme süresi kadar bekletilen pişmiş ürün 3 dakika süzölmüş ve su absorplama kapasitesini belirlemek için tartılmıştır. Sonuçlar g su / g ürün (db) olarak verilmiştir.

3.2.4.4. Tekstür Profil Analizi

Ürünlerin tekstür profil analizi için 35 mm silindirik prob (P/35, 5 kg) kullanılmış ve Tekstür Analiz Cihazı (TA XT2i Texture Analyzer, StableMicrosystems, Surrey, UK) ile ölçüm alınmıştır. Örnekler optimum pişme süreleri kadar 100°C'de bekletildikten sonra süzölmüş ve yaklaşık 5 cm uzunluğundaki örnekler, test platformuna 5'er adet birbirine paralel olacak şekilde dizilmiştir. Örnekler 2 mm/s test hızında orijinal kalınlıklarının %75'ine kadar baskı uygulanmıştır. Birinci ve ikinci sıkıştırma aralığı 2 s olup, her örnek için en az 7 ölçüm kaydedilmiştir.

Tekstür cihazı ile sertlik, yapışkanlık, gevreklik, kırılganlık gibi fiziksel özellikler ölçülebilmektedir. Fiziksel olarak TPA ölçümü, tekstür analiz cihazına bağlanan baskı plakası altında, homojen gıda örneğinin arka arkaya iki kez sıkıştırılması ile gerçekleştirilmekte ve elde edilen verilerden gıdanın tekstürel özelliği hakkında bilgi veren sertlik, kırılganlık, yapışkanlık, sakızımsılık parametreleri değerlendirilmiştir.

3.2.4.5. Renk Analizi

Ekstrüzyon tekniği ile üretilen hazır erişte örneklerinin renk analizini değerlendirebilmek için Minolta Colour Reader (CR-10 Japan) kullanılmış ve CIE (L), (a), (b) renk sistemi ile sonuçlar elde edilmiştir. Bu sistemde (L) parlaklık (100: beyaz, 0: siyah), (a) kırmızılık/yeşillik, (b) sarılık/mavilik değerlerini göstermektedir. 20-25 g örnek iyice öğütülmüş ve şeffaf kilitli poşetlere konulmuştur. Her poşet yüzeyinden ölçüm alınarak 10'ar sonuç kaydedilmiştir (Choy vd., 2012).

3.2.5. Ürünlerde Yapılan Kimyasal Analizler

Ekstraksiyon için; 5 g toz haline getirilmiş erişte örneği tartılıp 20 ml % 70 metanol eklenmiştir. Bir gece karanlıkta ağzı kapalı olarak 25-27°C'de inkübatörde bekletildikten ve 10000 rpm, 15 dk boyunca santrifüj yapıldıktan sonra süpernatant alınan tüm örnekler için hacimler kaydedilmiştir (Kolniak-Ostek ve Oszmianski, 2015).

3.2.5.1. Antioksidan Aktivite Analizi

DPPH yöntemi genel olarak metanol ya da etanolde hazırlanan DPPH radikal çözeltisi üzerine antioksidan bileşiğin eklenmesi sonucu, radikal çözeltisinin renginde meydana gelen azalmanın spektrofotometik olarak ölçümüdür. Yoğun mor renkli DPPH radikal çözeltisi, antioksidan aktiviteye sahip ekstrakt ile karıştırılınca, antioksidan bileşik ortama bir H atomu vererek stabil, radikal olmayan DPPH radikalinin yoğun mor rengi kaybolmakta ve indirgeme sonucu sarı

renk oluşmaktadır (Zoral, 2013). DPPH yöntemi basit ve hızlı olmakla beraber, doğru ve tekrarlanabilir sonuçlar vermektedir (Büyüktuncel, 2013). Örnekler 3 farklı oranda seyreltilerek deneyler 3 kere tekrarlanmıştır. Aktioksidan aktivite tayini, Pavithra ve Vadivukkarasi (2015)'nin metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çizelge 4'te antioksidan aktivitesinin hesaplanması için oluşturulmuş tablo görülmektedir. 1.0 mL olarak çeşitli konsantrasyonlarda hazırlanan ekstrakt (2–10 mg / mL), 1.0 mL 0.8 mmol/L DPPH solüsyonu ile karıştırılmıştır. Karışım vortex ile güçlü bir şekilde çalkalandıktan sonra 30 dakika beklemeye bırakılmış ve absorbans, kör çözeltiliye karşı 517 nm'de ölçülmüştür. % Antioksidan etkinlik aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır:

$$\% \text{ Antioksidan Etkinlik} = [(A_{\text{kontrol}} - A_{\text{örnek}}) / (A_{\text{kontrol}})] * 100$$

Çizelge 3.2. Antioksidan aktivitenin belirlenmesi

	Kontrol (µL)	Kör 1 (µL)	Örnek (µL)	Kör 2 (µL)
Metanol	100	200	-	100
DPPH*	100	-	100	-
Örnek	-	-	100	100

Oda sıcaklığında, karanlıkta 30 dakika inkübasyon
517 nm'de spektrofotometrik ölçüm

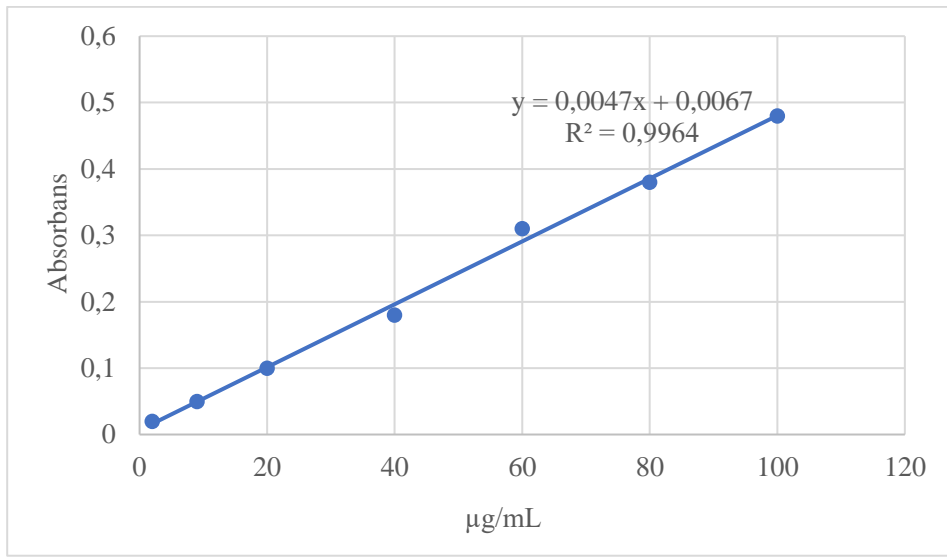
(*0,2 mM DPPH (metanolde) hazırlanır)

3.2.5.2. Toplam Fenolik Madde Miktarı Analizi

Toplam fenolik madde tayininin esası, fenolik bileşiklerin bazik ortamda Folin-Ciocalteu ayırıcını indireyip kendilerinin oksitlenmiş forma dönüştüğü redoks reaksiyonuna dayanmakta olup Folin-Ciocalteu, oksitleyici olarak görev almaktadır. Meydana gelen renk değişimi polifenolik bileşik miktarı ile orantılı

olup spektrofotometrede takip edilir. Polifenol miktarı genellikle gallik asit veya pirokateşol eşdeğeri olarak ifade edilir (Sarıçam, 2014).

Bu çalışmada üretilen ekstrüde çabuk erişte örneklerindeki toplam fenolik madde miktarları, Kocazorbaz vd. (2017)'nin metodu modifiye edilerek kullanılmıştır. Fenol tayini için oluşturulan kalibrasyon grafiği Şekil 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.3. Toplam fenolik madde miktarı analizi için oluşturulan kalibrasyon grafiği

Reaktiflerin hazırlanışı şu şekildedir:

1.Reaktifin Hazırlanması: Ticari folin reaktifi, distile su ile 10 kat seyreltilir. 100 mL folin reaktifi hazırlanırken; 10 mL folin reaktifi üzerine 90 mL distile su eklenir.

2.Reaktifin Hazırlanması: 100 mL, %7,5 Na₂CO₃ çözeltisi için; 7,5 gram Na₂CO₃ tartılır, bir behere aktarılır, yaklaşık 80 mL distile su eklenip çözüldükten

sonra çözelti, 100 mL'lik balon jøjeye aktarilarak hacmi distile su ile 100 mL'ye tamamlanir.

3.Reaktifin Hazirlanmasi: 100 mL, 0.5 mg/mL gallik asit çözeltisi için; 5 mg gallik asit tartilir ve yaklasik 8 mL % 80 etanol ekleyip çözöldükten sonra çözelti, 10 mL'lik balon jøjeye aktarilarak hacmi % 80 etanol ile 10 mL'ye tamamlanir.

Standartların hazirlanmasi ise $C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$ formölü ile hesaplanmiş, oda sıcaklığında 1 saat inkübasyon yapıldıktan sonra 760 nm'de spektrofotometrik ölçüm aşamasına geçilmiştir. Toplam fenolik miktar tayini için gerekli basamaklar oluşturulmuştur (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. Spektrofotometrik analiz için oluşturulmuş basamaklar tablosu

	Test	Kör	Standart	Kör
Örnek	200µL	200µL çözgen	-	-
Standart			200µL	200µL %80 etanol
Folin reaktifi	1mL	1mL	1mL	1mL
Oda sıcaklığında 5 dakika inkübasyon				
%7.5 Na ₂ CO ₃	800µL	800µL	800µL	800µL

3.2.5.3. B-Karoten ve Likopen Miktar Tayini

Karotenoidlerin analizi, Chusak vd. (2020) tarafından bildirilen yöntemle göre gerçekleştirilmiştir. Toz haline getirilmiş olan örnek (yaklaşık 3 g) 30 mL %80 metanol ile 2 saat 1000 rpm'de ekstrakte edilmiştir. Süpernatant, buharlaştırıcı ile kurutulmuş ve kurutulan örnek, analizden önce -20°C'de saklanmıştır. Karotenoidlerin kantifikasyonu, ODS ters faz kolonu (250x4.6 mm id, Column Phenomenex C8 2504.60 mm * 5 mikron) ve yüksek performanslı sıvı

kromatografisi (HPLC) kullanılarak, 450 nm dalga boyunda belirlenmiştir. Kolon, 0.8 ml / dakikalık bir akış hızında izokratik olarak mobil faz (metanol: hekzan = 75:25) ile ayrılmıştır. Sonuçlar $\mu\text{g} / 100\text{g}$ un cinsinden ifade edilmiştir. β -karoten analizinde olduğu gibi likopen analizi için de Chusak ve ark. (2020) yöntemi kullanılmıştır. Kromatografi koşulları ise 468 nm, akış hızı 0.8 ml / dak, analiz süresi 15 dak, kolon C8 250 x 4.60 mm x 5 mikron, mobil faz metanol: hekzan (75:25) olarak belirlenmiştir.

3.2.6. Ürünlerde Yapılan Duyusal Analizler

Erişte örnekleri tespit edilen pişme süreleri kadar pişirilmiş ve 2 dakika suyu süzildükten sonra, 9 noktalı hedonik skalaya göre 10 paneliste duyusal analiz yapılmıştır. Hedonik skala testi, tüketici duyusal analizinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu test, gıdanın hoş ve nahoş özelliklerine odaklanır, puanlar ve lezzet kabul edilebilirliğini ölçer. Hedonik ölçek, eğitilmemiş panelistler ile kolaylıkla kullanılabilir (Camire vd., 2007). Uygulanan test örneği ve puanlara ait açıklamalar EK-2'de verilmiştir. Örneklerin duyusal özelliklerinin değerlendirilmesi için yarı-eğitilmiş panelistler, her bir duyusal niteliği 1 puan (hiç sevmedim), 5 puan (ne beğendim ne beğenmedim) ve 9 puan (aşırı derecede beğendim) arasında derecelendirmiştir (Lim ve ark., 2011). Örnekler; görünüm, koku, tat-lezzet ve genel kabul edilebilirlik açısından değerlendirilmiştir.

3.2.7. Taramalı Elektron Mikroskopisi (SEM)

Sebze tozları ile zenginleştirilmiş tüketime hazır erişte örneklerinin yüzeyinin mikro yapısı, taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak belirlenmiştir.

Görüntüleme öncesinde örnekler altın ile kaplanmış olup (QUORUM Q150 RES), örneklerin yüzey mikro yapısı bir elektron mikroskobu (Carl Zeiss 300 VP, Germany) ile gözlenmiştir. Her örneğin mikrografları, 5 kV hızlanan voltajda 1000x büyütme oranı ile incelenmiştir.

3.2.8. İstatistiksel Analizler

Sonuçların istatistiksel analizi SPSS yazılımı (IBM SPSS Statistics 2 *; IBM, Chicago iL, ABD) kullanılarak yapılmıştır. Veriler ortalama \pm standart sapma olarak açıklanmıştır. Sonuçlar arasındaki farklılıklar tek yönlü ANOVA ve ardından Duncan post-hoc testi ile analiz edilmiş ve tüm testler için 0.05 anlamlılık seviyesi dikkate alınmıştır.

4. BULGULAR

Erişte üretiminde kullanılan hammaddelerin kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Erişte ürünlerinde kullanılan hammaddelere ait kimyasal içerikler

Toz çeşidi	Protein (%)	*Karbonhidrat (%)	Yağ (%)	Kül (%)	Nem (%)
Buğday unu	10,26 ± 0,01	77,11	0,8 ± 0,06	0,53 ± 0,02	11,3 ± 1,4
Bamya tohumu	20,63 ± 1,14	60,17	6,40 ± 1,21	3,1 ± 0,42	9,7 ± 1,52
Yeşil fasulye	17,92 ± 0,64	67,59	2,60 ± 0,37	1,49 ± 0,05	10,4 ± 1,57
Domates	10,7 ± 1,2	77,4	1,2 ± 0,03	2,6 ± 0,3	8,1 ± 0,36

*Toplamdan çıkarılarak bulunmuştur

4.1. Sistem Parametrelerinin Ürünlerin Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi

4.1.1. Pişme Özellikleri

Kontrol ve sebze tozu eklenmiş ürünlere ait pişme süresi, pişme kaybı ve su absorplama sonuçları, Çizelge 4.2’de belirtilmiştir.

Çizelge 4.2. Tüketime hazır çabuk erişte örneklerine ait pişme özellikleri

	Pişme süresi (s)	Pişme kaybı (%)	Su absorplama (%)
K-80	276,67 ± 5,774 ^{fg}	3,75 ± 0,015 ^j	80,79 ± 0,319 ^b
K-100	323,33 ± 5,774 ^j	3,37 ± 0,045 ⁱ	102,93 ± 0,147 ^g
F4-80	233,33 ± 5,774 ^d	1,55 ± 0,010 ^d	114,44 ± 0,414 ^l
F4-100	320,00 ± 10,00 ^h	0,81 ± 0,176 ^b	123,67 ± 0,312 ^p
F8-80	210,00 ± 10,00 ^{bc}	1,82 ± 0,030 ^e	107,21 ± 0,220 ⁱ
F8-100	306,67 ± 5,774 ⁱ	1,50 ± 0,025 ^d	111,04 ± 0,095 ^k
F12-80	173,33 ± 5,774 ^a	3,42 ± 0,106 ^m	99,29 ± 0,280 ^d
F12-100	286,67 ± 5,774 ^{gh}	2,88 ± 0,125 ^g	108,27 ± 0,297 ^j
D4-80	306,67 ± 5,774 ⁱ	1,21 ± 0,025 ^c	116,16 ± 0,239 ^m
D4-100	353,33 ± 5,774 ^k	1,18 ± 0,021 ^c	118,96 ± 0,093 ^o
D8-80	273,33 ± 5,774 ^f	1,42 ± 0,031 ^d	107,88 ± 0,278 ^j
D8-100	323,33 ± 5,774 ^j	1,22 ± 0,026 ^c	117,03 ± 0,085 ⁿ
D12-80	206,67 ± 5,774 ^b	2,91 ± 0,021 ^l	104,28 ± 0,305 ^h
D12-100	320,00 ± 10,00 ^j	2,44 ± 0,080 ^f	108,52 ± 1,029 ^j
B4-80	260,00 ± 10,00 ^e	0,77 ± 0,046 ^{ab}	100,19 ± 0,327 ^e
B4-100	353,33 ± 5,774 ^k	0,64 ± 0,006 ^a	126,91 ± 0,756 ^p
B8-80	236,67 ± 5,774 ^d	1,48 ± 0,040 ^d	84,13 ± 0,243 ^c
B8-100	343,33 ± 5,774 ^k	1,25 ± 0,025 ^c	101,08 ± 0,135 ^f
B12-80	220,00 ± 10,00 ^c	3,24 ± 0,086 ^k	71,05 ± 0,303 ^a
B12-100	336,67 ± 5,774 ^j	2,93 ± 0,239 ^h	99,09 ± 0,195 ^d

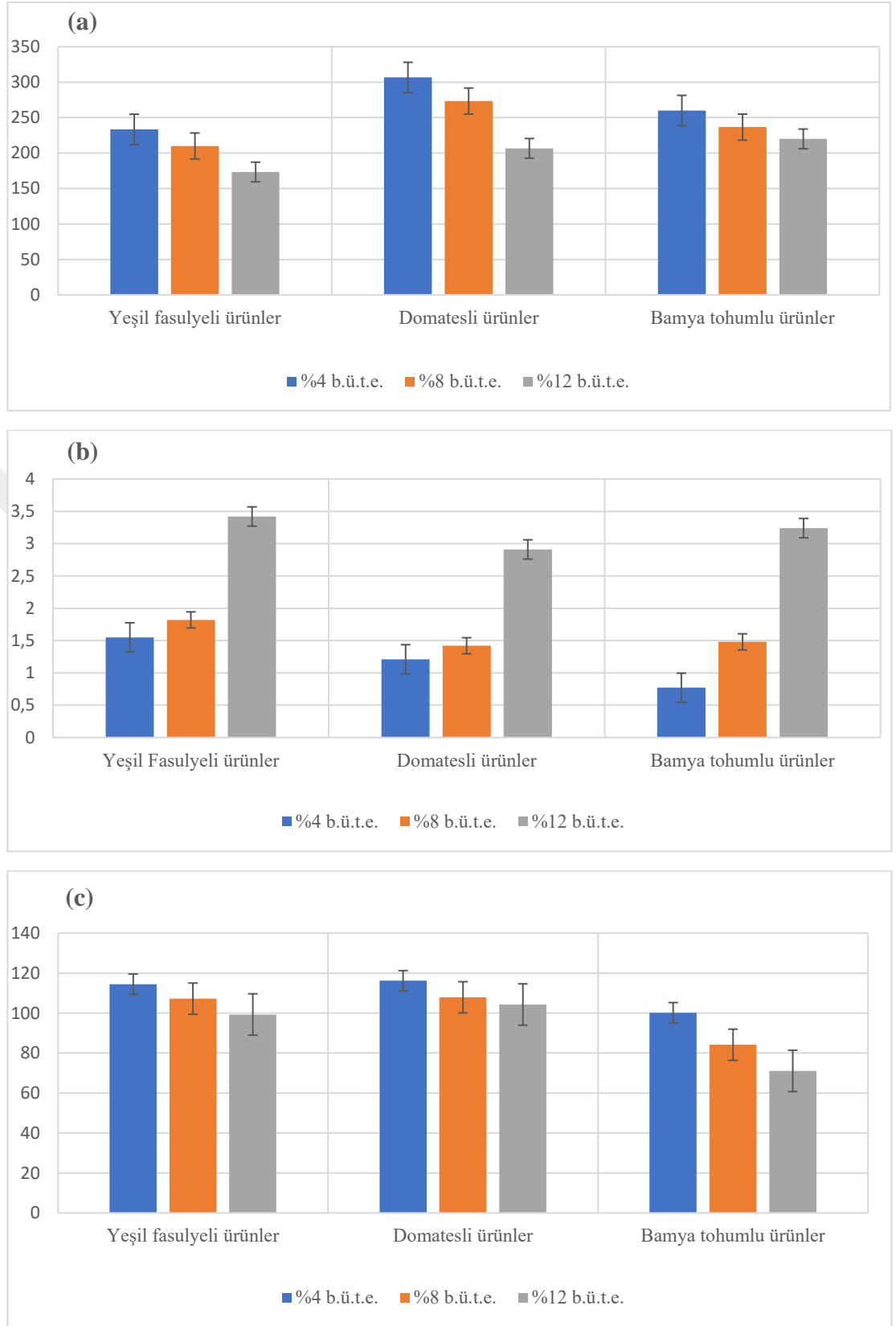
a-p: Aynı sütundaki farklı harfler, veriler arasında istatistiksel olarak fark olduğunu göstermektedir (p<0.05).

± standart sapma.

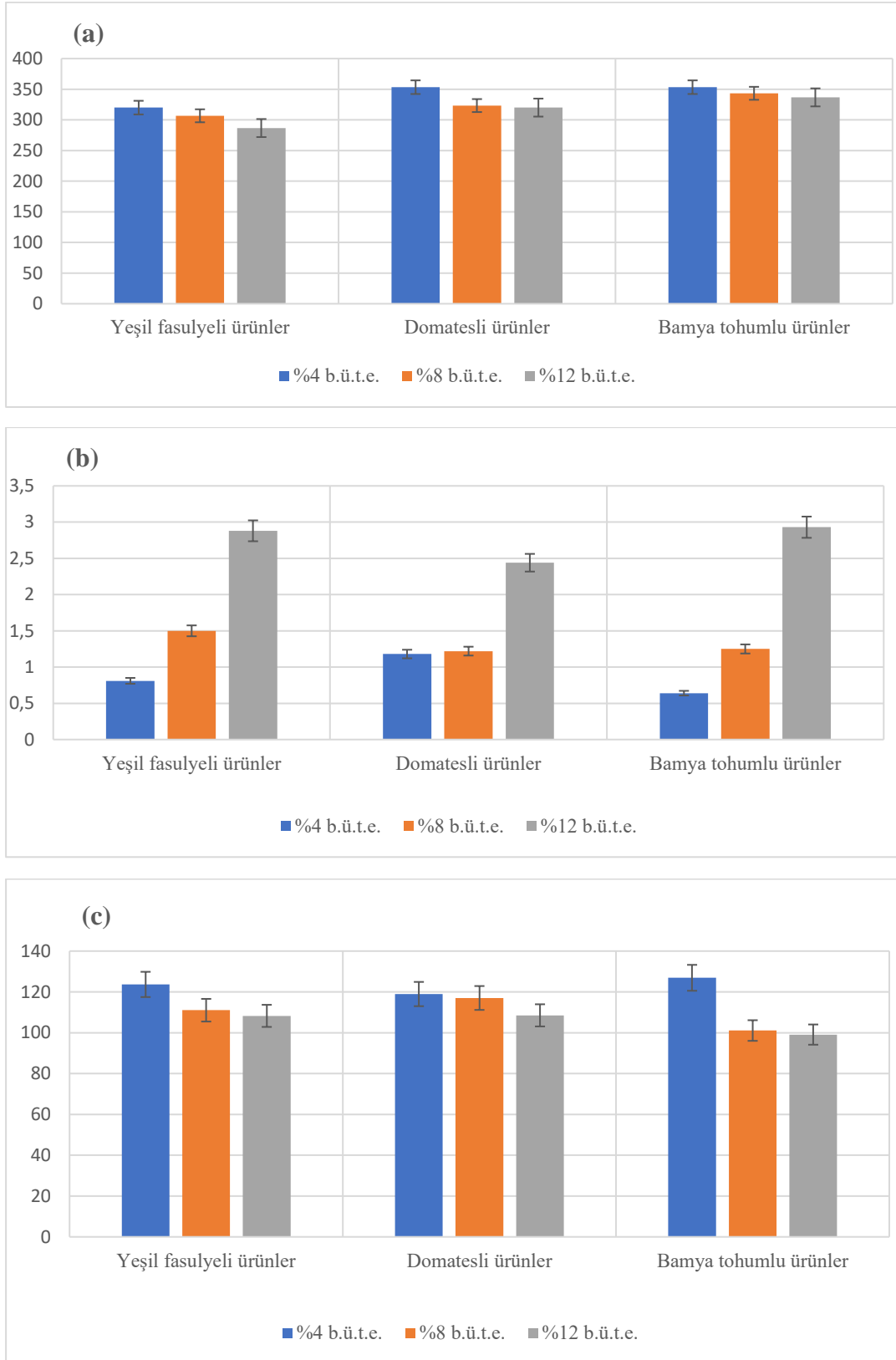
4.1.1.1. Sabit Sıcaklık Koşullarında Artan Sebze Tozu Oranının Pişme Özellikleri Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi

80°C ve 100°C ekstrüzyon sıcaklığında üretilen % 4, % 8 ve % 12 oranlarında kurutulmuş yeşil fasulye tozu, domates tozu ve bamya tohumu tozu ile zenginleştirilmiş erişte ürünlerine ait pişme süresi, pişme kaybı ve su absorplama kapasiteleri Şekil 4.1 (a), (b), (c) ve Şekil 4.2. (a), (b), (c) 'deki grafiklerde gösterilmiştir. Bu grafiklerde, sabit ekstrüzyon sıcaklığında üretilen erişte ürünlerinde değişen sebze tozu oranlarının pişme özellikleri üzerindeki etkileri gösterilmiştir.

Grafiklere bakıldığında, hem 80°C hem de 100°C'de pişirilen erişte ürünlerinde kullanılan toz oranları arttıkça pişme süresinin düştüğü, pişme kaybının arttığı ve su absorplama kapasitelerinin azaldığı görülmektedir. Pişme süresinin düşmesi, erişte ürünlerinde kullanılan sebze tozlarının makarnanın yapı sıklığını düşürmesine dayandırılmıştır. Çünkü sebze tozu oranı arttıkça ürün bileşimindeki lif içeriği de artmış, nişasta-gluten yapısı zayıflamıştır. Dolayısıyla erişte bileşiminin gluten içeriği düşmüştür (Cardenas-Hernandez vd., 2016; Almanza-Benitez, 2015).



Şekil 4.1. 80°C'de üretilen erişte ürünlerinde kullanılan toz oranlarının pişme özelliklerine etkisine ait grafikler (a) 80°C'de üretilen ürünlerin pişme süreleri, (b) 80°C'de üretilen ürünlerin pişme kayıpları, (c) 80°C'de üretilen ürünlerin su absorplama kapasiteleri



Şekil 4.2. 100°C’de üretilen erişte ürünlerinde kullanılan toz oranlarının pişme özelliklerine etkisine ait grafikler (a) 100°C’de üretilen ürünlerin pişme süreleri, (b) 100°C’de üretilen ürünlerin pişme kayıpları, (c) 100°C’de üretilen ürünlerin su absorplama kapasiteleri

Pişme kaybı, kalite değerlendirmede önemli bir parametre olup; yapı sıklığının zayıflamasından dolayı ortaya çıkan bir durumdur ve erişte ürünlerinde toz oranı arttıkça pişme süresinin düşmesi ile birlikte pişme kaybının artması beklenen bir sonuçtur. Pişme kaybının artması, buğday ununun diğer glutensiz un ile değiştirilmesine bağlanmıştır (Jalgaonkar ve Jha, 2016). Bu durum nişasta parçacıklarını bir arada tutan erişte ağının gücünü azaltır ve jelatinleştirilmiş nişastanın ürünün yüzeyinden çözünmesine neden olur (Padalino vd., 2017). Erişte pişirme işlemi sırasında nişastanın, çözünebilir nişasta olmayan polisakkaritler gibi diğer çözünür kısımları suya geçer ve sonucunda pişirme suyu daha bulanık ve katı hale gelir (Sant'Anna, 2014). Su ne kadar bulanıklaşırsa o kadar fazla pişme kaybı oluyor demektir. Bu nedenle pişme kaybını düşük tutmak, istenilen makarna-erişte ürünleri için belirgin bir özelliktir. Hosoney (1999)'e göre pişme kaybı makarna ürünlerinde % 12'den az olmalıdır. Bu çalışmada üretilen zenginleştirilmiş erişte ürünlerinin hepsi %12'den düşük pişme kaybı değeri vermiştir. Genelde azalan "pişirme kaybı" değeri, "su absorplama" kapasitesinin artması ile sonuçlanmaktadır. Bunun nedeni, düşük derecede jelatinleşme ve suyun iç kısma daha kolay nüfuz etmesini sağlayan zayıflamış nişasta ağı olabilir (Gallegos-Infante vd., 2010).

Cardenas-Hernandez vd. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada, amarant unu ile zenginleştirilen makarna ürünlerinde amarant unu oranı arttıkça pişme süresinin 9.5 dakikadan 8.0 dakikaya düştüğü ve amarant ilavesi olmayan kontrol ürününde ise pişme süresinin 13 dakika olduğu tespit edilmiştir. Pişme süresinde negatif etki oluşmasının sebebinin gluten içeriğinin düşmesinden dolayı olabileceği belirtilmiştir.

Grafiklere bakıldığında, ürünlerde kullanılan toz oranı arttıkça su absorplama kapasitesinin arttığı görülmektedir. Pişme kaybının düşmesi ile birlikte su absorplama kapasitesinin artması beklenen bir sonuçtur. Çünkü üründe yapı sıklığı düşmesi sonucu pişme kaybı meydana gelir ve yapıdan kaybedilen maddeleri geri yerine koyabilmek için ürün su absorbe etmeye başlar (Jalgaonkar ve Jha, 2016).

Wang (2016) yaptığı çalışmada kahverengi pirinç ile makarna üretmiş ve kullanılan pirinç oranı arttıkça pişme kaybının arttığını, su absorplama kapasitesinin düştüğünü tespit etmiştir. Bu durum, nişasta olmayan polisakkaritlerin son üründe yapının sıklığını düşürmesine bağlanmıştır. Dolayısıyla düşük pişme süresi ve yüksek pişme kaybı tespit edilmiştir. Pişirme kaybı, buğday ununun diğer glutensiz un ile değiştirilmesine bağlanabilir, bu da nişasta parçacıklarını bir arada tutan makarna ağının gücünü azaltır ve temelde esas olarak gevşek şekilde bağlı olan jelatinleştirilmiş nişastanın ürünün yüzeyinden çözünmesine bağlıdır (Jalgaonkar ve Jha, 2016). Olgunlaşmamış muz unu ile spaghetti üreten Almanza-Benitez (2015) ise makarnalarda kullanılan muz unu oranı arttıkça pişme süresinin düştüğünü tespit etmiş ve nişasta-gluten yapısının yüksek lif içeriği ile bir ilişkisi olduğunu, pişme süresini azalttığını belirtmiştir. Padalino vd. (2017) yaptıkları çalışmada %10 ve %15 oranında domates kabuğu kullanarak makarna üretmişler ve domates kabuğu oranı arttıkça pişme süresinin 9.20 dakikadan 9 dakikaya azaldığını, pişme kaybının %7.60 değerinden %7.76'ya arttığını ve su absorplama kapasitesinin %144'ten %140'a düştüğünü tespit etmişlerdir. Kontrol örneğinin ise 10.20 dk ile en yüksek pişme süresine sahip olduğunu gözlemlemişlerdir. Üzüm tozunu ürünlerinde kullanmak isteyen

Sant'Anna (2014), ürünlerin pişme süreleri arasında anlamlı fark olmadığını, üzüm tozu oranı arttıkça pişme kaybının %5.45 değerinden %6.35'e çıktığını belirtmiştir. Gull (2015) ise % 2, 4, 6 ve 8 oranlarında havuç posası kullandığı makarna ürünlerinde posa oranı arttıkça pişme kaybının da arttığını (%7.66'dan %16.40'a) gözlemlemiştir. Bir başka çalışmada ise soğan tozu % 5, 10, 15 ve 20 oranlarında makarna üretiminde kullanılmış ve %20 oranında soğan tozu kullanılarak üretilen makarnaların %9.4 ile en yüksek, % 5 oranında soğan tozu kullanılarak üretilen makarnaların ise % 3.6 değeri ile en düşük pişme kaybına sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca hem kontrol hem soğan tozu katkılı makarnaların ortalama pişme süresi 8 dk olarak belirlenmiştir (Rajesvari vd., 2013). Bunların yanı sıra, erişte ürünlerini zenginleştirmek amacıyla; Gallegos-Infante (2010) yeşil fasulye unu, Desai (2018) balık tozu, Liu vd. (2018) et tozu, Petitot vd. (2010) ise fasulye ve soya fasulyesi ununu kullanmış, bu çalışmaların sonucunda ise kullanılan un oranı arttıkça pişme süresi ve su absorplama kapasitesinin düştüğü, pişme kaybının doğal olarak arttığı tespit edilmiştir. Desai (2018), balık tozu ile ürettiği bütün makarna örneklerinin pişme kayıplarının 8g/100g'dan düşük olduğunu ve bu değer üzerinde makarna kalitesinin endüstri yönergelerine göre kabul edilemez olarak düşünüldüğünü belirtmiştir. Darı unu ve %2, %4, %6 ve %8 oranlarında havuç posası ile makarna ürününü zenginleştirmeyi amaçlayan Gull vd. (2015) ise en düşük pişme kaybının %7,66 ile kontrol örneğinde olduğunu bulmuştur. Havuç posası oranı arttıkça pişme kaybı değerleri % 16,40'a kadar artmıştır. Gallegos-Infante vd. (2010); 60°C, 70°C ve 80°C ekstrüder sıcaklıklarında çalışarak % 15 ve % 30 aralığında değişen oranlarda fasulye unu ile zenginleştirilmiş ürün elde etmiştir. En düşük pişme süresi 3.24 dk ile fasulye unu içermeyen kontrol örneğinde

bulunmuşken, fasulye unu arttıkça pişme süresi ve su absorplama kapasitesi düşmüş, pişme kaybı artmıştır.

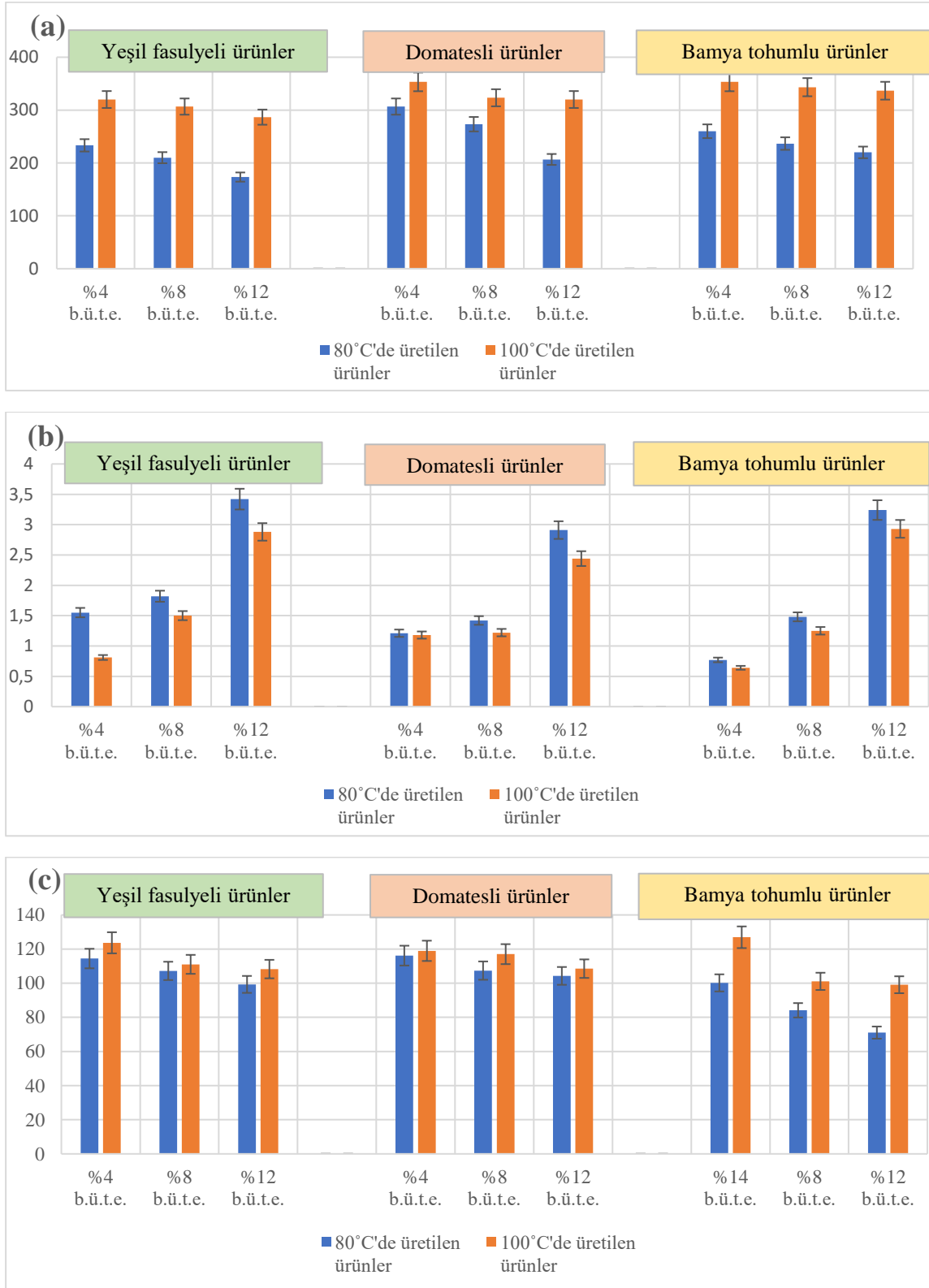
Gıda işlemede kullanılan protein kalitesi ve içeriğinin yanı sıra sürekli ağdaki protein etkileşimi, iyi pişirme kalitesine sahip makarna-erişte elde etmek ve optimum karbonhidrat-protein ağı oluşturmak için önemli bir noktadır. Pişirme kaybı ve su absorplama değerleri, ekstrüzyon sırasında retrograde olmuş nişasta ağının stabilitesini yansıtır (Rodriguez-Miranda vd., 2011). Merayo vd. (2011) tarafından yapılan bir çalışmada erişte ürünlerinde pişirme kaybının artan sıcaklık ve vida hızı ile keskin bir şekilde azaldığı görülmüştür. Pişirme sırasında bezelye nişastalı eriştelere pişme kaybının, çoğunlukla erişte yüzeyinde gevşek bir şekilde bağlanmış jelleşmiş nişastanın çözünmesi ve çift vidalı ekstrüzyondan dolayı nişastanın bozulması nedeniyle olduğu belirtilmiştir.

4.1.1.2. Sıcaklık Koşullarının Erişte Ürünlerinin Pişme Özellikleri Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi

Sıcaklık koşullarının erişte ürünlerinin pişme özellikleri üzerindeki etkisini görmek amacı ile ise kontrol örnekleri ile % 4, % 8, % 12 oranlarında ilave edilen bamya tozlu, kurutulmuş yeşil fasulye tozlu ve domates tozlu ürünlere ait pişme süresi, pişme kaybı, su absorplama kapasitelerine ait grafikler oluşturulmuştur ve Şekil.15'te verilmiştir.

Grafiklere bakıldığında; % 4, % 8 ve % 12 oranlarında bamya tohumu tozu, kurutulmuş yeşil fasulye tozu ve domates tozu ile zenginleştirilmiş erişte ürünlerinin hepsinde sıcaklık 80°C'den 100°C'ye çıktığında pişme süresinin arttığı,

pişme kaybının ise düştüğü tespit edilmiştir. Bu durum sıcaklık arttıkça kabuk yapısının daha sağlam bir hale gelmesine dayandırılabilir (Nakhon vd., 2018). Erişte ürünlerinin yüksek sıcaklıkta pişirilmesi, işlem sırasında kısmen jelatinleşen nişastanın pıhtılaşan protein ağına hapsolmasına neden olur (Rosentrater ve Evers, 2018). Bu işlem sonucunda, nişasta kaynar suda hidratlanmadan önce zaten protein, yapının içinde pıhtılaşmış şekilde hapsoldüğü için kaliteli bir erişte elde edilmektedir (Maskan ve Altan, 2012). Daha düşük sıcaklıkta pişirme yapıldığında, nişastanın jelatinleşmesi, protein pıhtılaşmasıyla eş zamanlı olarak eriştenin kaynaması sırasında meydana gelir. Bu durumda ise, pıhtılaşmış protein ağı süreksizdir ve protein kalitesi çok yüksek değilse yapışkan bir erişte ile sonuçlanabilmektedir (Rosentrater ve Evers, 2018). Bu nedenle, yüksek sıcaklıkta pişirme ile daha iyi bir kalitenin elde edilebileceği iyi bilinmektedir, aksi takdirde daha yüksek protein içeriğine sahip bir makarnalık un kullanılmalıdır. Ayrıca ekstrüder sıcaklığının 80°C'den 100°C'ye çıkması sonucu, ürünler içindeki nem daha hızlı şekilde uzaklaşmakta ve bu ürünlerin çapı, düşük sıcaklıkta üretilenlere göre daha yüksek olmaktadır. Dolayısıyla yüksek çaplı erişte ürünlerinin daha sağlam bir yapıya sahip olarak pişme kayıplarının düştüğü yorumu da yapılabilmektedir. Ayrıca % su absorplama değerlerinin de sıcaklık arttıkça arttığı görülmüştür. Bu durumda, sıcaklık ile beraber pişme kayıplarının azalması etkilidir. Çünkü pişme kaybının azalması sağlam bir yapı demektir ve sonuçta su absorplama artmaktadır (Almanza-Benitez vd., 2015).



Şekil 4.3. Ekstrüder kalıp sıcaklığının ürünlerin pişme özelliklerine etkisi (a) Sıcaklığın ürünlerin pişme süresine etkisi, (b) Sıcaklığın ürünlerin pişme kaybına etkisi, (c) Sıcaklığın ürünlerin su absorplama kapasitesine etkisi

Sıcaklığın erişte ürünlerinin kalite özellikleri üzerine etkisi çalışmadan çalışmaya farklılık gösterebilmektedir. Fasulye unu ile ve 60, 70, 80°C ekstrüzyon sıcaklıklarında çalışan Gallegos-Infante vd. (2010), sıcaklık arttıkça spaghetti ürünlerinin pişme kayıplarının arttığını gözlemlerken; üzüm tozu ile ve 60°C, 70°C, 100°C ekstrüzyon sıcaklıklarında çalışan Sant'Anna (2014) ise sıcaklık arttıkça makarna ürünlerindeki pişme kaybının düştüğünü tespit etmişlerdir. Ayrıca yapılan bir başka çalışmada ise kalıp sıcaklığının pişme süresi üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür (Wang vd., 2012).

4.1.2. Tekstür Özellikleri

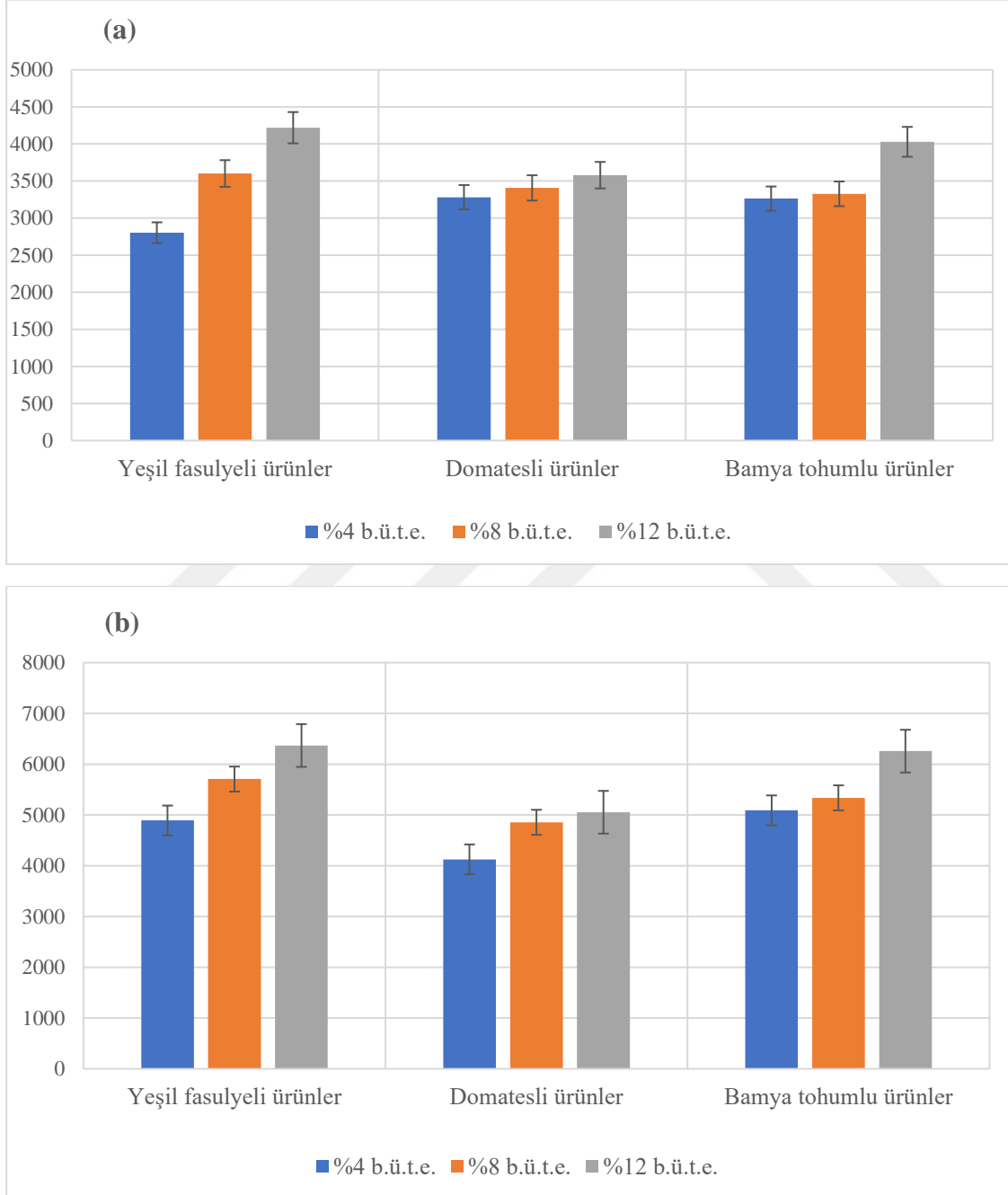
Kontrol ve sebze tozu ile zenginleştirilmiş erişte ürünlerinin tekstürel özelliklerine ait sonuçlar EK-3'te verilmiştir.

Doku özellikleri, ekstrüzyon teknolojisi ile üretilen ürünler için önemli parametrelerden olup bunlar birincil ve ikincil parametreler olarak gruplanmaktadır. Birincil parametreler; sertlik, tutunabilirlik, yapışkanlık ve gevreklik değerleri iken, ikincil parametreler; çabuk kırılma, yarı-katı maddenin çiğnenebilirliği, katı maddenin çiğnenebilirliğidir.

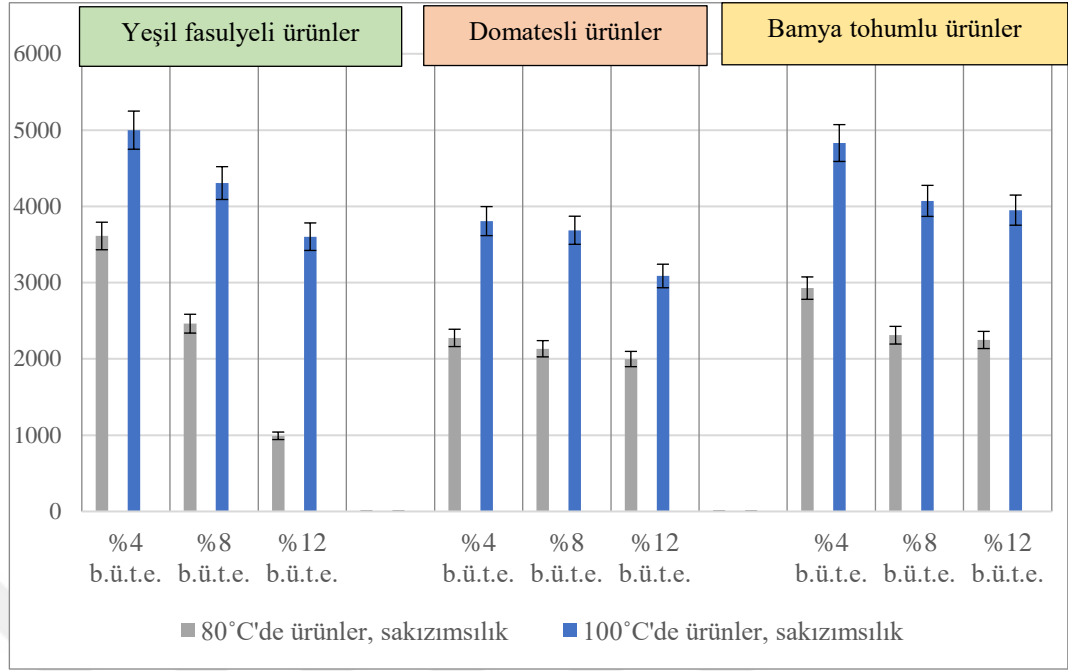
4.1.2.1. Sabit Sıcaklık Koşullarında Artan Sebze Tozu Oranının Erişte Ürünlerinin Doku Özellikleri Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi

80°C ve 100°C ekstrüzyon sıcaklığında üretilen % 4, % 8 ve % 12 oranlarında bamya tohumu tozu, kurutulmuş yeşil fasulye tozu ve domates tozu ile zenginleştirilmiş erişte ürünlerine ait doku değerleri Şekil 4.4, Şekil 4.5, Şekil 4.6

ve Şekil 4.7’de grafik haline getirilmiştir. Bu grafiklerde, sabit ekstrüzyon sıcaklığında üretilen erişte ürünlerinde, kullanılan sebze tozu oranlarının ürünlerin doku özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir.

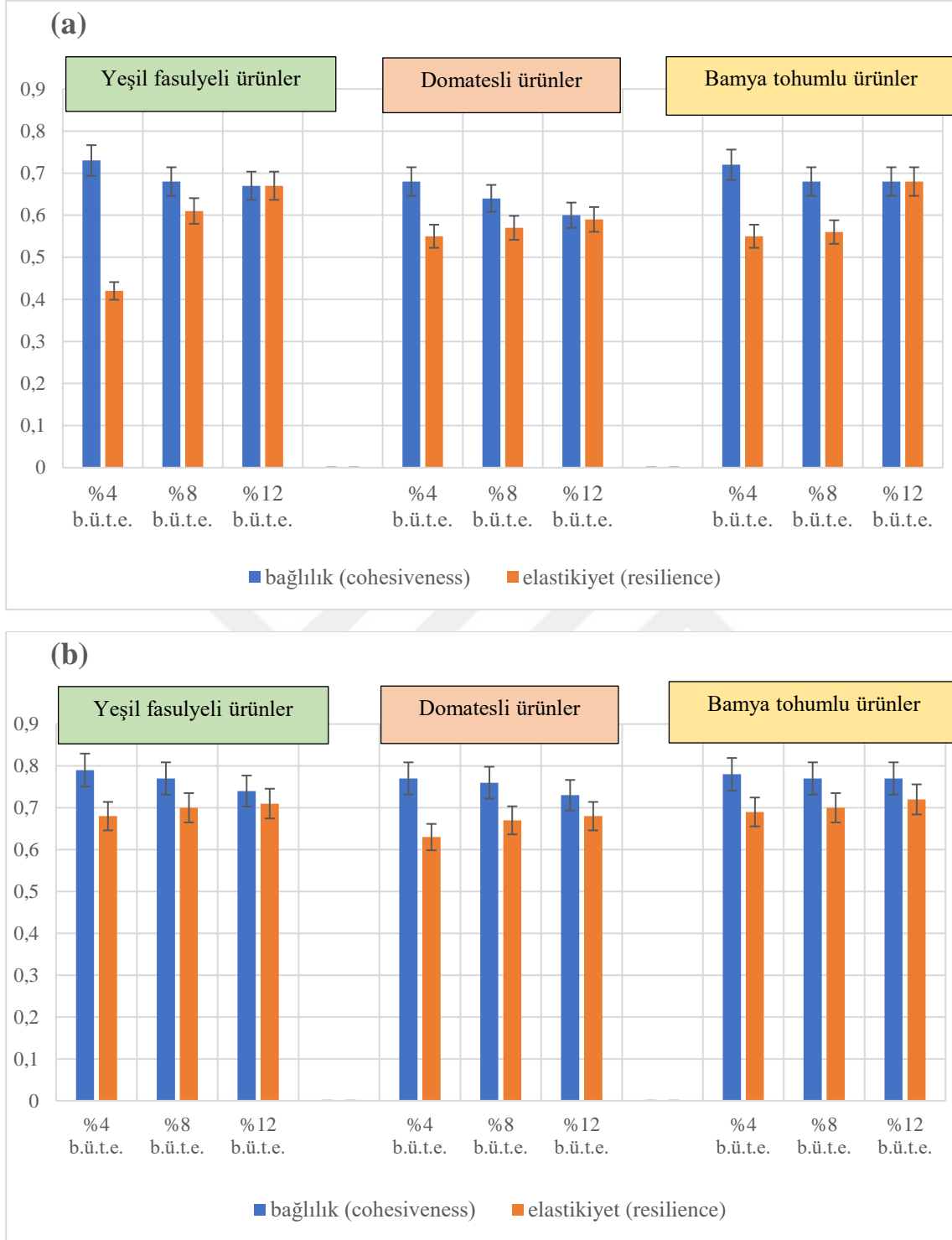


Şekil 4.4. Sabit sıcaklık koşullarında, erişte ürünlerinde kullanılan toz oranlarının sertlik değerine etkisi (a) 80°C’de üretilen eriştelerin toz oranlarının sertlik değerine etkisi, (b) 100°C’de üretilen eriştelerin toz oranlarının sertlik değerine etkisi

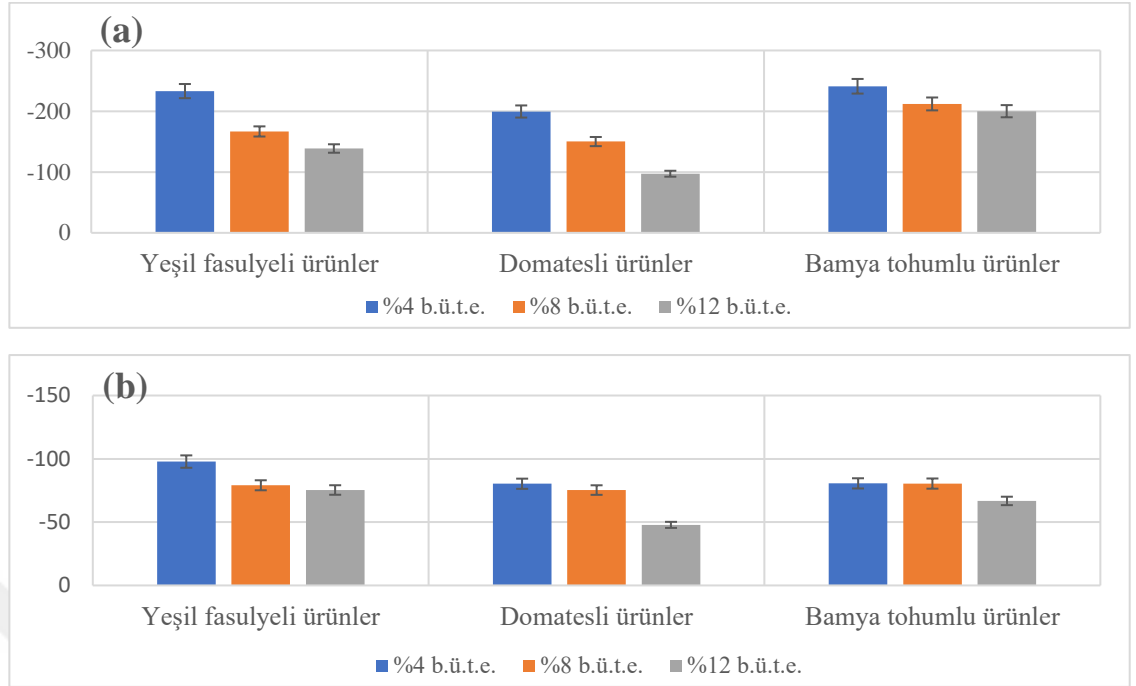


Şekil 4.5. Sabit sıcaklık koşullarında, erişte ürünlerinde kullanılan toz oranlarının sakızimsılık değerine etkisi

Çalışma kapsamında elde edilen erişte ürünleri yarı-katı özellik gösterdiğinden dolayı, sakızımlık (gumminess) değerleri incelenmiş olup, katı maddenin çiğnenebilirliği anlamına gelen çiğnenebilirlik (chewiness) değeri grafik halinde görsel olarak eklenmemiştir. Şekil 4.5'te verilen grafikte, hem 80°C hem de 100°C'de üretilmiş olan zenginleştirilmiş eriştelerde, sebze tozu oranı arttıkça sakızımlık değerinin düştüğü görülmektedir. Şekil 4.4'te görüldüğü üzere, artan protein ve lif içeriği ile daha sert bir ürün oluşurken, sakızımsılığın düşmesi beklenen bir sonuçtur. "İnci darısı" ile yapılan bir çalışmada, kullanılan inci darısı oranı arttıkça sertlik, yapışkanlık (cohesiveness), elastikiyet (springiness) ve yapışkanlık (gumminess) değerlerinin düştüğü tespit edilmiştir (Jalgaonkar ve Jha, 2016). Bunun nedeni olarak protein içeriğinin artması sebep gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Sabit sıcaklık koşullarında, erişte ürünlerinde kullanılan toz oranlarının bağlılık ve elastikiyet değerine etkisi (a) 80°C’de üretilen eriştelerin toz oranlarının bağlılık ve elastikiyet değerine etkisi, (b) 100°C’de üretilen eriştelerin toz oranlarının bağlılık ve elastikiyet değerine etkisi



Şekil 4.7. Sabit sıcaklık koşullarında, erişte ürünlerinde kullanılan toz oranlarının yapışkanlık değerine etkisi (a) 80°C’de üretilen eriştelerin toz oranlarının yapışkanlık değerine etkisi, (b) 100°C’de üretilen eriştelerin toz oranlarının yapışkanlık değerine etkisi

Kontrol örnekleri ve B12-80, B8-80, B4-80 örnekleri arasında istatistiksel olarak sertlik açısından önemli bir fark olmamakla beraber ($p>0.05$) genelde örnekler birbirinden anlamlı derecede farklı sertlik değerleri vermiştir ($p<0.05$).

Şekil 4.4’e bakıldığında, hem 80°C ekstrüzyon sıcaklığı hem de 100°C ekstrüzyon sıcaklığında üretilen erişte ürünlerinde; kullanılan bamya tohumu, kurutulmuş yeşil fasulye ve domates tozu oranı arttıkça sertliğin arttığı tespit edilmiştir. Erişte ürünlerinde sebze tozu oranı arttıkça sertlik değerinin artmasının sebebi, kullanılan sebze tozlarında bulunan lif içeriği olabilir. Çünkü lif şişmiş nişastanın inhibisyonuna sebep olur ve ekstrüzyon ile pişirilen üründe hava kabarcığı oluşturarak hücre duvarı kalınlığını artırarak son üründe porozitenin azalmasına sebep olur ve sertliği artırır (Dehghan-Shoar vd., 2010; Ainsworth vd.,

2007; Altan vd., 2008). Meyve posa oranları arttıkça sertliğin artması ve daha az gevrek ekstrüdata neden olması, yapılan bir çalışmada da bildirilmiştir (Potter vd., 2013). Bu durumun, üzüm posasındaki lifin etkisinin bir sonucu olabileceği yorumu yapılmıştır. Lif, muhtemelen gaz hücrelerinin yırtılmasına neden olarak hücre boyutunu küçültür, bu da genişlemeyi azaltır ve daha az gözenekli yapı ile sonuçlanır. Kalın hücre duvarları, doğası gereği daha az kırılmandır ve ince hücre duvarlarına göre yırtılma olasılığı daha düşüktür (Wang vd., 2012).

Ayrıca sabit sıcaklık değerinde üretilen erişte ürünlerinde kullanılan sebze tozu oranı arttıkça yapışkanlık (adhesiveness) değerinin arttığı, bağlılık (cohesiveness) değerlerinin de genelde azaldığı gözlemlenmiştir. Ürünlerde protein içeriğinin artması ile zenginleştirilmiş ürün eldesi sonucunda, yapışkanlık (adhesiveness) ve sıkılık (firmness) değerleri dahil olmak üzere ürünler daha yüksek tekstürel doku özelliklerine sahip olabilmektedir (Liu vd., 2018). Chillo vd. (2009), spagettiye bakliyat ununu entegre ederek zenginleştirmek istemiş ve protein içeriği artışının adhesiveness değeri üzerinde kontrol ürüne göre daha yüksek sonuç verdiğini tespit etmişlerdir.

Genelde çalışmalarda sertlik (hardness) ve yapışkanlık (adhesiveness) değerleri birbiri ile benzer eğilimde olmaktadır (Wang vd., 2016). Balkabağı ile ekstrüde ürünü zenginleştirmek isteyen Nakhon vd. (2018), ürünlerinde balkabağı oranı arttıkça ürün dış kabuğunun sertleştiğini gözlemlemiş ve bu durumu lif oranının artmasına bağlamıştır. Ayrıca ekstrüde ürün yoğunluğu artışı, hücre duvarlarının kalınlaşmasına neden olduğundan, direkt olarak ürün sertliğini etkilemektedir. Yapılan başka çalışmalar da artan lifin daha kalın bir hücre duvarı

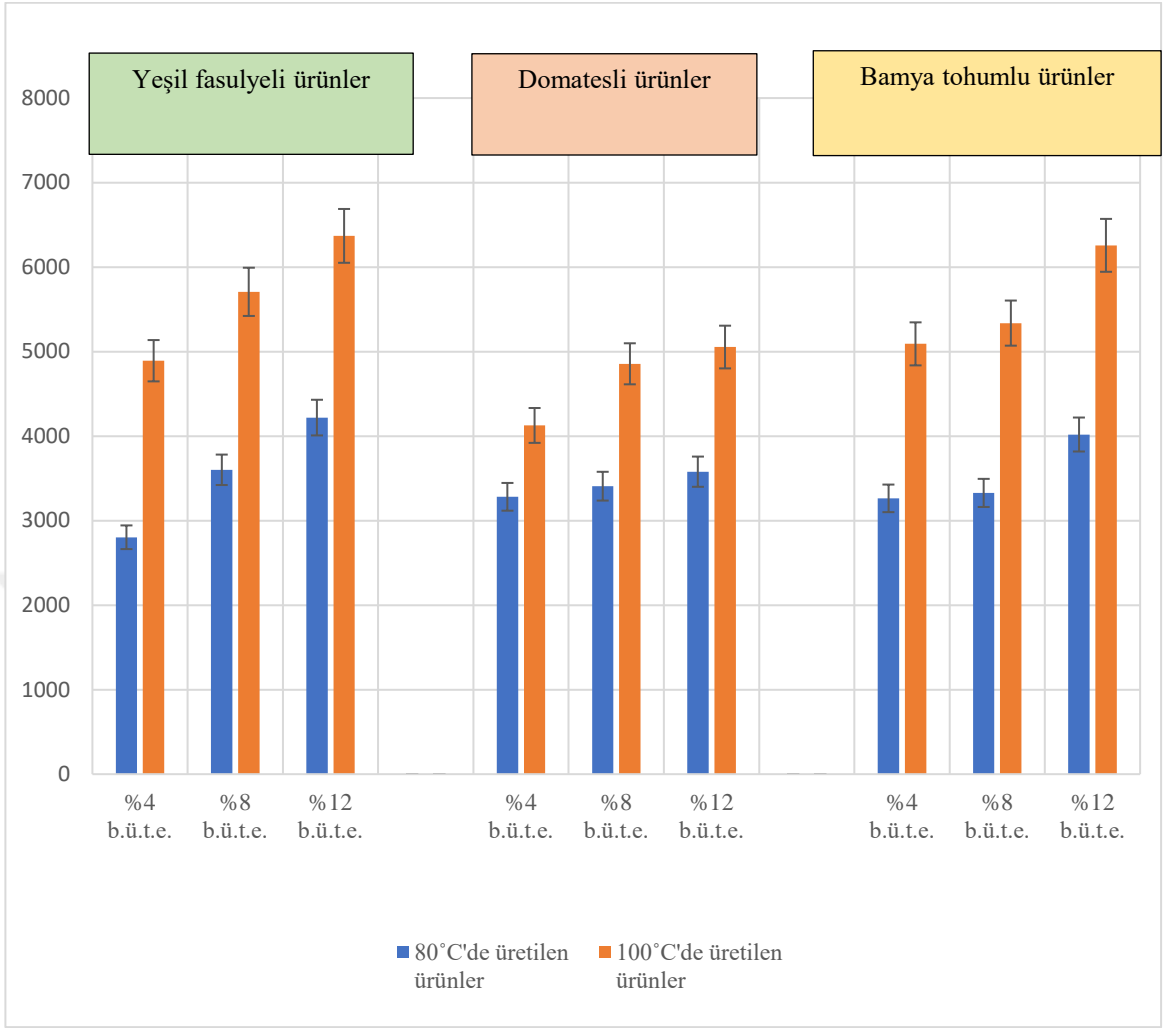
ürettiğini, ortalama hücre boyutunu azalttığını, ekstrüdatların yoğunluğunu ve sertliğini veya kırılma mukavemetini artırdığını göstermiştir (Hsieh vd., 1989; Lue vd., 1990; Hsieh vd., 1991; Yanniotis vd., 2007). Selani vd. (2014) ise lif oranının tekstürü önemli derecede etkilemediğini belirtmişlerdir. Bir başka çalışmada ise makarna ürünleri domates yan ürünleri ile zenginleştirilmiş ve domates kabuğu oranı arttıkça ürünlerin sertlik ve adhesiveness (tutunabilirlik) değerlerinin arttığı tespit edilmiştir (Padalino vd., 2017). Çalışmada kontrol örneğinde 6.87 N, %10 domates kabuklu üründe 14.60 N, %15 domates kabuklu üründe ise 15.26 N sertlik değerleri görülmüştür. Adhesiveness için ise kontrol örneği 0.62, %10 domates kabuklu ürün 1.04 ve %15 domates kabuklu ürün 1.15 olarak bulunmuştur. Agbisit vd. (2007) de domates posası ile ürünlerini zenginleştirmek istemiştir. Posa oranı arttıkça hücre çapında artış sonucu yüksek genişleme oranı ve hücre sayısında azalma gözlemlenmiştir. Yazarlar (Agbisit vd., 2007), mekanik özellikler ile ortalama hücre çapı arasında yüksek derecede negatif korelasyon olduğunu ve dolayısıyla yüksek yoğunluk neticesinde sertlik değerinin posa arttıkça artış gösterdiğini tespit etmiştir. Dehghan-Shoar vd., (2010) yaptıkları çalışmada, domates kabuğu %10'dan %15'e çıkarıldığında yapışkanlık (adhesiveness) değerini kontrol için 0.62, % 10'luk ürün için 1.04 ve % 15'lik için 1.15 Nmm olarak bulmuşlardır. Sertlik sonuçlarının da oran arttıkça arttığını tespit etmiştir.

Sebze tozu ile zenginleştirilen erişte ürünlerinde elastikiyet (resilience) sonuçlarına bakılacak olursa; kullanılan sebze tozu arttıkça ürünlerin resilience değerlerinde kısmen artış gözlenmiştir. Elastikiyet (resilience), erişte yapısının ilk sıkıştırmadan sonra orjinal şekline dönme yeteneği olup, Tazart vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada bakla ile zenginleştirilen makarnalarda tekstürel

zellikler araştırılmıştır. Bakla unu oranı arttıka hem pişmiş hem pişmemiş makarna ürünlerinde elastikiyetin arttığı gözlemlenmiştir. Fakat Wood (2009), nohut ile zenginleştirilmiş spaghetti üretmiş ve kontrole göre daha düşük elastikiyet tespit etmiştir. Bu durum, farklı bakliyat türlerinin farklı sonuçlar vermesi olarak yorumlanmıştır.

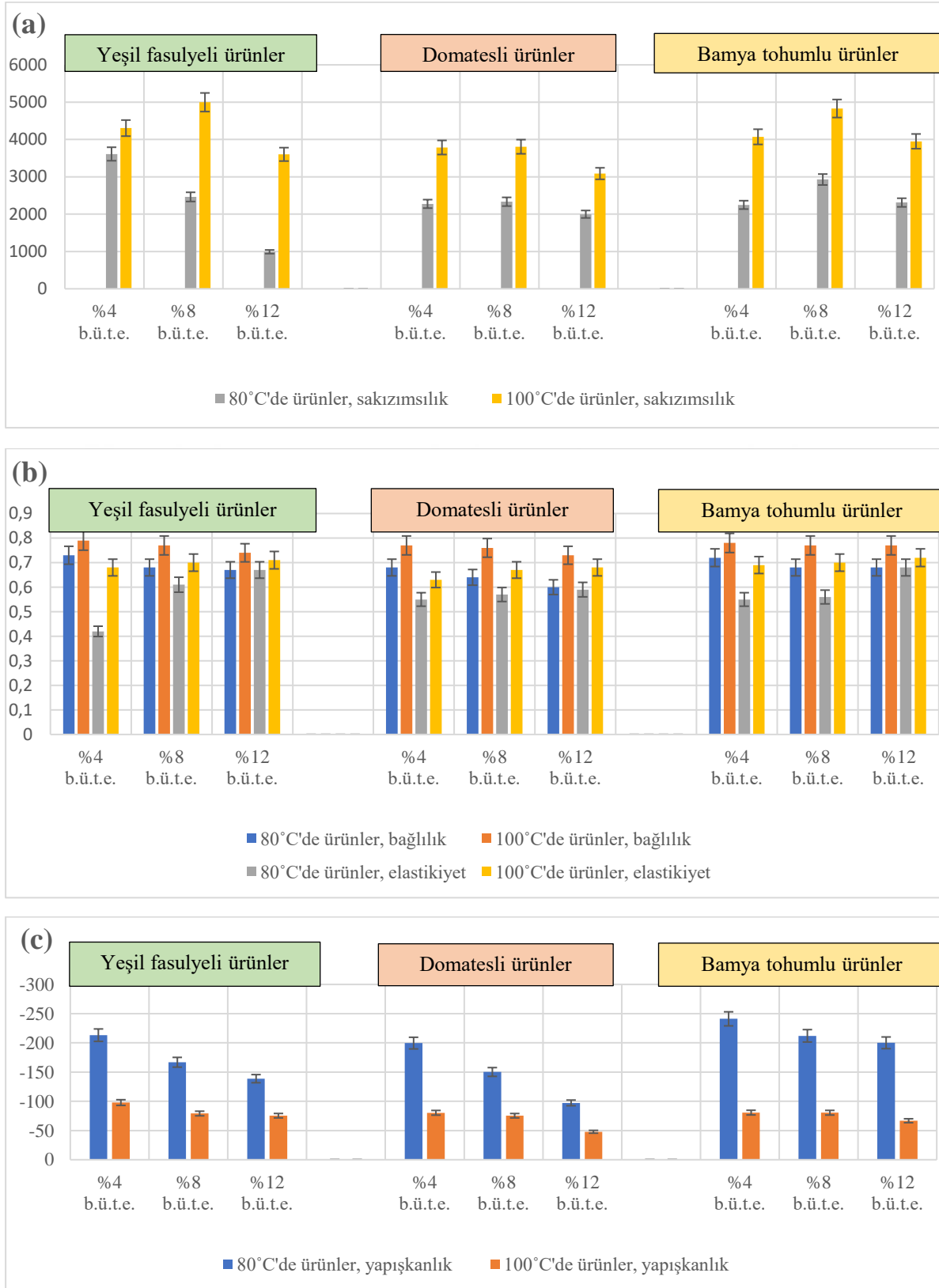
4.1.2.2. Sıcaklık Koşullarının Erişte rnlerinin Doku zellikleri zerindeki Etkisinin İncelenmesi

Ekstrüde erişte ürünlerinin doku özellikleri üzerinde sıcaklığın nasıl bir etkisinin olduğunu daha iyi görmek amacıyla Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'da yer alan grafikler oluşturulmuştur.



Şekil 4.8. Ekstrüder kalıp sıcaklığının, erişte ürünlerinin sertlik değerine etkisi

Grafiklere bakılacak olursa sıcaklık arttıkça kontrol ve zenginleştirilmiş erişte ürünlerinde sertlik değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. Ürün kalınlığı sertlik üzerinde etkili bir faktör olup, 100°C'de pişen eriştelerin çaplarının daha büyük olmasının, bu durum üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir (Nakhon, 2018; Potter vd., 2013).



Şekil 4.9. Ekstrüder kalıp sıcaklığının, ürünlerin sakızimsılık, bağlılık, elastikiyet ve yapışkanlık özelliklerine etkisi (a) Sıcaklığın sakızimsılık üzerine etkisi, (b) Sıcaklığın bağlılık ve elastikiyet üzerine etkisi, (c) Sıcaklığın yapışkanlık üzerine etkisi

Wang vd. (2016), yaptıkları çalışmada kahverengi pirinç ile makarna üretmiş ve sonucunda sıcaklık arttıkça sertlik değerinin keskin bir şekilde arttığını ve bu artışın, sertliğe neden olan nişasta ve nişasta olmayan polisakkaritleri içeren bir ağın oluşumu ile ilgili olduğunu belirtmişlerdir. Diğer yandan, sıcaklığın artışı sürtünmeye neden olup makarna yapısına olumlu etkisi bulunan çözünebilir lif içeriğini artırarak sertliğin artmasına neden olmuştur. Ayrıca Wang vd. (2016), sertlik ile yapışkanlık değerlerinin birbiri ile benzer eğilimde olduğunu belirtmiştir. Bunun nedeni, yüksek sıcaklığın sürtünmeyi artırarak yeni yapı oluşumunu ve nişasta jlatinizasyonunu desteklemesi sonucu, pişme işlemi boyunca nişastanın şişmesinin kısıtlanması olarak açıklanabilir (Potter vd., 2013). Karides-mısır atıştırılabilir ürünü üretmek amacı ile 110-150°C ekstrüzyon sıcaklığı, 200-250 rpm vida hızı, 17-23 g/100g besleme nemi koşullarında çalışan Topuz vd. (2016), ekstrüder sıcaklığı arttıkça sertliğin arttığını tespit etmiştir. Ayrıca sıcaklık koşullarının ekstrüzyon ile üretilmiş ürünlerin sertlik değeri üzerinde en etkili parametre olduğunu belirten Tacer Caba (2015), 90°C'den 120°C'ye çıkarılan ekstrüzyon sıcaklığı sonucunda ürünlerin sertlik değerinde artış olduğunu tespit etmiştir. Bu sonuçların tam tersi şekilde, ekstrüzyon sıcaklığı arttıkça ürünlerin sertlik değerinde azalma olduğunu tespit eden ve bu durumun sıcaklık artışı ile birlikte genişlemenin yükselmesinden kaynaklı olduğu belirtilen çalışmalar da mevcuttur (Altan vd.,2008; Din vd.,2015; Ding vd., 2006).

Şekil 4.9' a bakıldığında ise elastikiyet değerlerinin sıcaklık artışı ile kısmen yükseldiği görülmektedir. Bu durum, 100°C'de üretilen ürünlerin çapları daha yüksek olduğu için sıkıştırma esnasında yapının bozulmadan şeklini korumasına etki etmesi olarak yorumlanmıştır (Ding vd., 2005). Dolayısıyla elastikiyet değeri

düşük sıcaklıktaki ürünlere göre daha fazla çıkmıştır. Sakızimsılık değerlerinin sıcaklığın düşmesi ile birlikte düştüğü tespit edilmiştir. Ekstrüder sıcaklığının düşmesi, basıncı yüksek hale getirir ki bu durum nişasta ağının zarar görmesi ve yıkıma uğramasına neden olarak sakızimsılık değerini düşürür (Ding vd., 2005). Ayrıca sertlik değerinin sıcaklık arttıkça artması sonucunda, sakızimsılık değerlerinin düşmesi beklenen bir sonuçtur.

4.1.3. Renk Özellikleri

% 4, % 8 ve %12 oranlarında kurutulmuş yeşil fasulye tozu, domates tozu ve bamyaya tohumu tozu ile zenginleştirilmiş erişte ürünlerine ait (L^*), (a^*) ve (b^*) değerleri verilmiştir (Çizelge 4.3.). Renk analizi sonucunda, sıcaklıkla birlikte L değerlerinde azalma olduğu görülmüştür. Domates tozlu ürünlerde toz oranı arttıkça " a " değeri artmıştır. Ayrıca yeşil fasulye tozlu ürünlerde ise toz oranı arttıkça " b " değerinin arttığı görülmüştür.

Çizelge 4.3. Tüketime hazır çabuk erişte örneklerine ait renk verileri

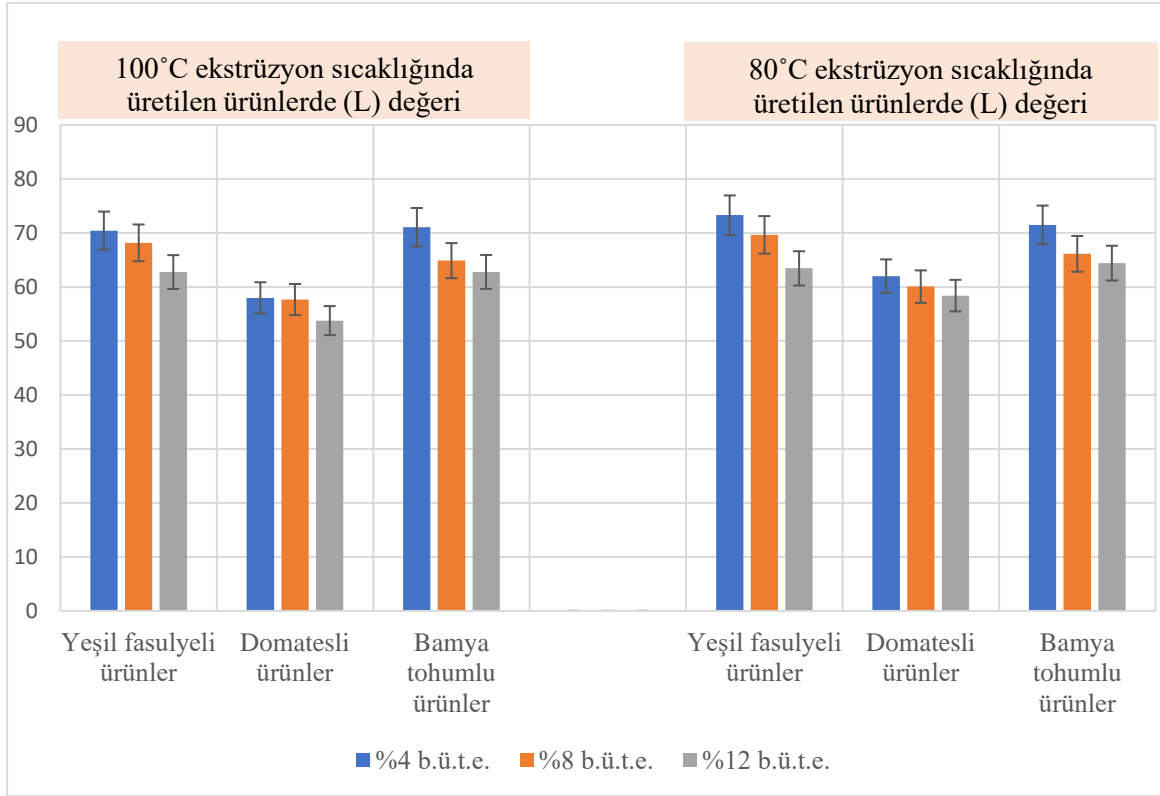
	L*	a*	b*
K-80	78,30 ± 0,64 ^o	2,29 ± 0,11 ^a	21,37 ± 0,42 ^{ef}
K-100	77,85 ± 0,35 ^o	2,47 ± 0,35 ^a	21,79 ± 1,16 ^{fg}
F4-80	73,28 ± 0,49 ⁿ	3,07 ± 0,28 ^b	26,76 ± 0,60 ^l
F4-100	70,43 ± 0,75 ^l	3,89 ± 0,21 ^c	23,27 ± 1,55 ⁱ
F8-80	69,64 ± 0,53 ^k	4,72 ± 0,32 ^{de}	27,62 ± 0,81 ^l
F8-100	68,16 ± 0,48 ⁱ	5,00 ± 0,36 ^e	24,54 ± 1,18 ^{jk}
F12-80	63,44 ± 1,24 ^s	5,91 ± 0,46 ^f	28,85 ± 0,78 ^m
F12-100	62,75 ± 1,03 ^f	6,48 ± 0,49 ^g	25,14 ± 0,78 ^k
D4-80	62,00 ± 0,61 ^e	11,20 ± 0,42 ^h	22,60 ± 0,93 ^{ghi}
D4-100	57,97 ± 0,30 ^{bc}	11,51 ± 0,31 ⁱ	20,70 ± 1,81 ^e
D8-80	60,06 ± 0,54 ^d	12,81 ± 0,37 ^j	24,19 ± 1,04 ^j
D8-100	57,66 ± 0,56 ^b	13,13 ± 0,72 ^k	21,96 ± 1,15 ^{fgh}
D12-80	58,39 ± 0,29 ^c	14,47 ± 0,38 ^l	25,32 ± 1,03 ^k
D12-100	53,76 ± 0,34 ^a	15,23 ± 0,28 ^m	22,80 ± 1,21 ^{hi}
B4-80	71,49 ± 0,95 ^m	3,96 ± 0,20 ^c	17,21 ± 0,49 ^d
B4-100	71,06 ± 0,78 ^m	4,03 ± 0,19 ^c	16,29 ± 0,98 ^c
B8-80	66,13 ± 0,41 ⁱ	4,51 ± 0,33 ^d	15,54 ± 1,08 ^{bc}
B8-100	64,87 ± 0,79 ⁱ	4,60 ± 0,43 ^d	14,93 ± 0,96 ^{ab}
B12-80	64,41 ± 0,94 ^h	4,02 ± 0,43 ^c	15,46 ± 0,44 ^{abc}
B12-100	62,78 ± 1,13 ^f	4,04 ± 0,49 ^c	14,52 ± 0,46 ^a

a-p: Aynı sütundaki farklı harfler, veriler arasında istatistiksel olarak fark olduğunu göstermektedir (p<0.05).
± standart sapma.

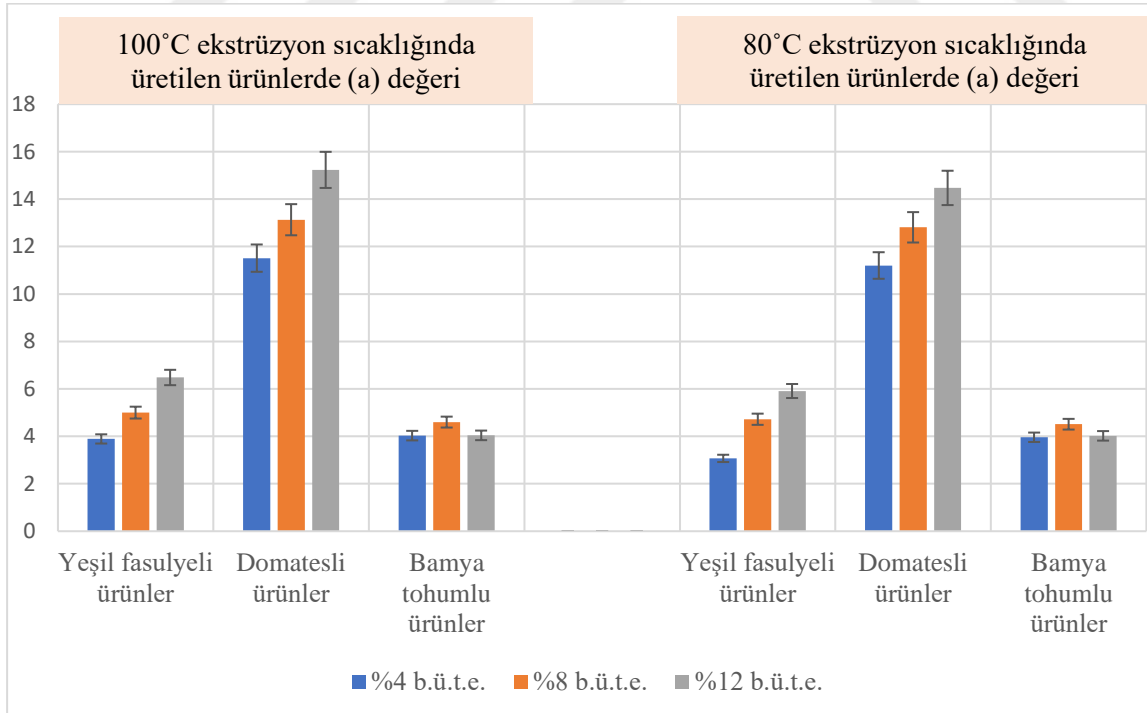
4.1.3.1. Sabit Sıcaklık Koşullarında Sebze Tozu Oranının Erişte Ürünlerinin

Renk Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi

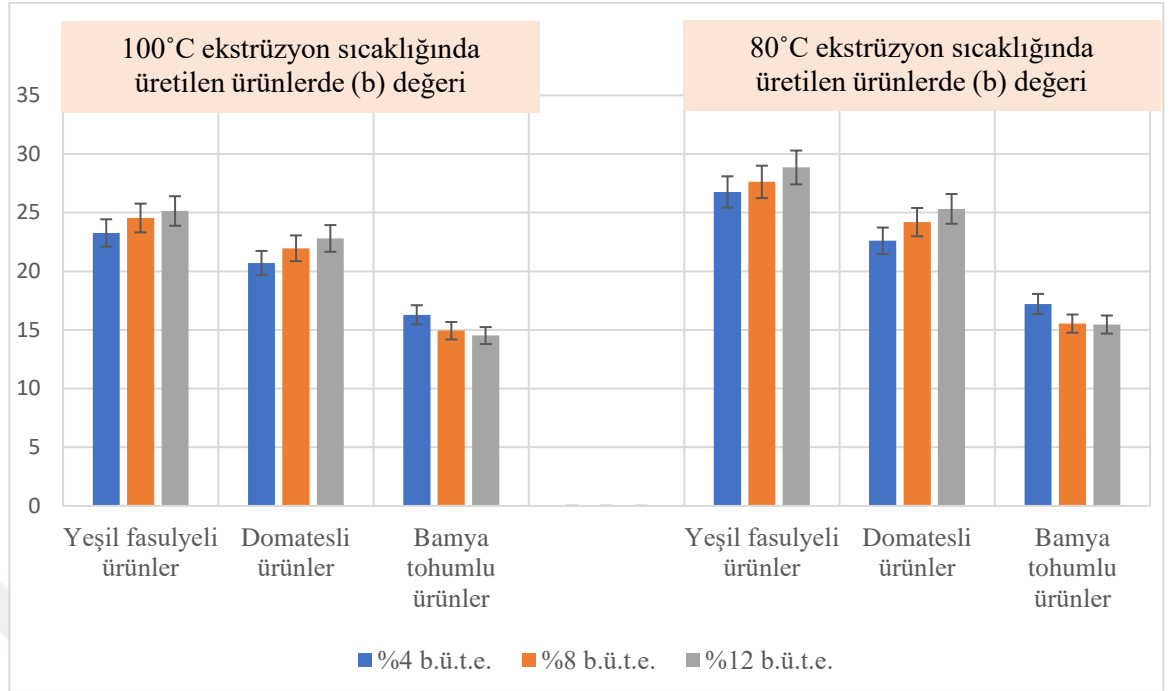
Ürünlerin pişmeden önceki helleri toz haline getirilerek incelenmiş olup, renk değerlerinin (L, a, b) sıcaklık ve sebze tozu oranlarına bağlı olarak nasıl değiştiği Şekil 4.10, Şekil 4.11 ve Şekil 4.12’de grafik haline getirilmiştir.



Şekil 4.10. Sebze tozu oranının, eriştelerin (L) değeri üzerine etkisi



Şekil 4.11. Sebze tozu oranının, eriştelerin (a) değeri üzerine etkisi



Şekil 4.12. Sebze tozu oranının, eriştelere (b) değeri üzerine etkisi.

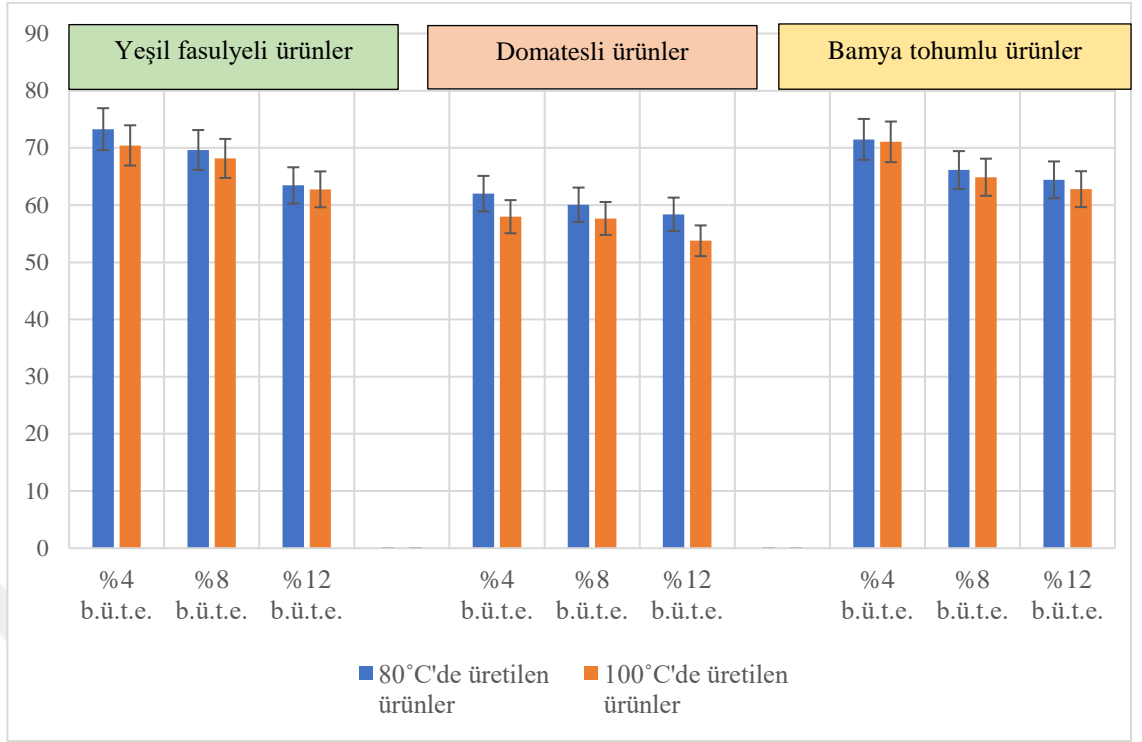
Şekil 4.10'a bakılacak olursa K80 ve K100 örneklerinin, zenginleştirilmiş ürünlere göre daha yüksek L değerine sahip olduğu görülmektedir. Bu durum, sebze tozlarının ürün parlaklığını etkilemesi ve kontrol ürüne göre parlaklığı düşürmeleri olarak yorumlanmıştır. "a" değerlerinin domates tozlu ürünlerde belirgin şekilde daha yüksek olması ve domates tozu oranı arttıkça "a" değerinin artması ise domatesin sahip olduğu likopen kaynaklı kırmızı rengidir. Dolayısıyla domates tozu oranı arttıkça eriştelere "a" değeri artarken "L" değeri düşmüştür (Dehghan-Shoar vd., 2010; Maskan ve Altan, 2012). Nakhon vd. (2018)'nin yaptıkları çalışmada balkabağı oranı arttıkça ürünlerin "L" değerlerinde azalma görülmüştür. Ayrıca Altan vd. (2008) tarafından yapılan çalışmada kullanılan üzüm posası oranının da L değeri üzerinde negatif yönde bir etkisi olduğu, "a" ve "b" değerleri üzerindeyse pozitif olarak anlamlı bir etkisi olduğunu belirtmişlerdir. "L"

değerinin oran arttıkça düşmesinin sebebi olarak, ekstrüderde pişirme esnasında Maillard ve karamelizasyona daha çok sebep olması gösterilmiştir. Çünkü esmerleşme reaksiyonuna ne kadar çok şekerli ürün girerse o kadar üründe esmerleşme meydana gelmektedir. “a” değerindeki artış için, Maillard reaksiyonu sonucu ısıya dayanıklı olmayan pigmentlerin parçalanması olarak yorum yapılmıştır. Üzümde bulunan sarımsı pigmentlerden dolayı ise “b” değerinin artışı doğal bir sonuç olmuştur.

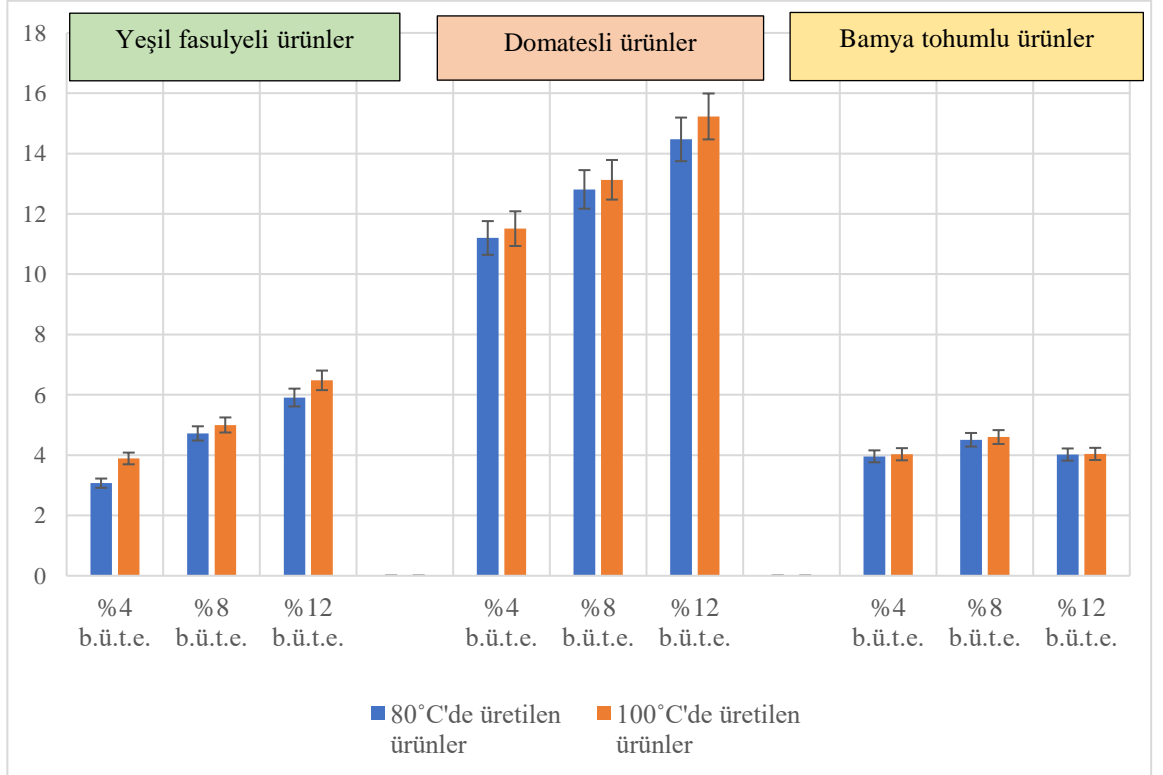
Kontrol ve zenginleştirilmiş erişte ürünleri arasında en düşük “b” değerine sahip olan ürün grubu bamyaya tohumu tozlu erişteler olup, bunlar arasında ise B12-80 ve B12-100 ürünleri olduğu tespit edilmiştir. Bu sonucun oluşmasında, bamyaya tozlu makarnaların en kahverengi ürünler olması ve dolayısıyla en düşük sarılık vermesi etkili olmuştur. Kurutulmuş yeşil fasulyelerden elde edilen erişteler yeşilimsi bir renge sahip olduğundan, en yüksek “b” değerlerini ise bu erişte ürünleri vermiştir. Dolayısıyla F12-80 ve F12-100 ürünlerinde en yüksek “b” değerleri tespit edilmiştir.

4.1.3.2. Sıcaklık Koşullarının Erişte Ürünlerinin Renk Özellikleri Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi

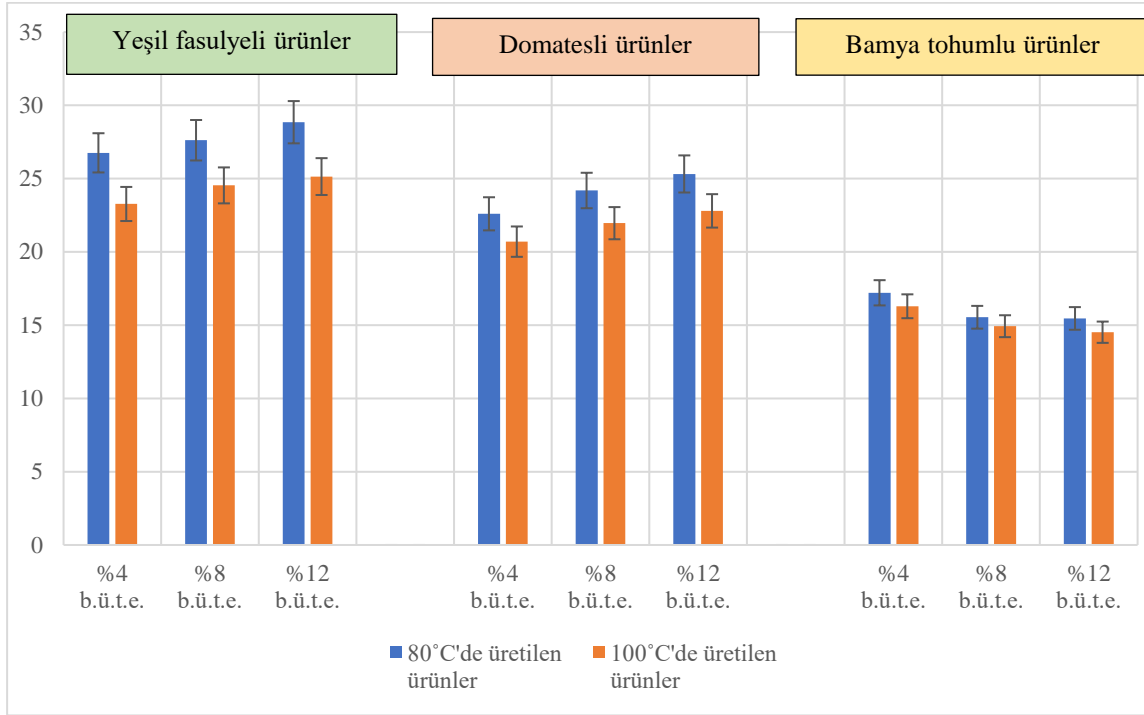
Sıcaklığın erişte ürünlerinde renk özellikleri üzerindeki etkisi Şekil 4.13, Şekil 4.14 ve Şekil 4.15 ile açıklanmıştır.



Şekil 4.13. Ekstrüder kalıp sıcaklığının, ürünlerin (L) değeri üzerine etkisi



Şekil 4.14. Ekstrüder kalıp sıcaklığının, ürünlerin (a) değeri üzerine etkisi



Şekil 4.15. Ekstrüder kalıp sıcaklığının ürünlerin (b) değeri üzerine etkisi

Grafiklere bakıldığında hem kontrol hem de zenginleştirilmiş eriştelerde, 80°C'de pişirilen ürünlerin "L" değerlerinin 100°C'de pişirilenlere göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Sabit vida hızında ekstrüderde çalışırken sıcaklık arttıkça daha koyu renkte ürün oluşur. Çünkü sıcaklık artışı ile birlikte Maillard reaksiyonu başlar ve son ürünün kahverengileşmesine neden olan bileşenler açığa çıkar ve dolayısıyla L değerinde düşüş görülür (Maskan ve Altan, 2012; Altan vd., 2008). İstatistiksel olarak "L" değerlerinin, genelde zenginleştirilmiş ürünlerde kalıp sıcaklığından önemli derecede etkilendiği tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Ancak kontrol ürünlerinde L değerlerinde anlamlı bir değişim olmamıştır ($p > 0.05$). L değerinin sıcaklıktan etkilenip etkilenmemesi ile ilgili olarak; bazı çalışmalarda L değeri üzerinde ekstrüzyon koşulları ve sıcaklığın anlamlı bir etkisinin olmadığı (Murphy, 2003; Altan vd., 2008), bazı çalışmalarda ise kalıp sıcaklığının ürünlerin

L değerlerinde anlamlı bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir (Wang vd., 2012; Ilo and Berghofer, 1999).

“a” değerleri incelendiğinde, domates tozu oranı arttıka a değerlerinin artmasının yanı sıra, 100°C’de pişirilmiş domates tozlu ürünlerin “a” değeri, 80°C’de pişirilen ürünlere göre daha yüksek çıkmıştır. Bu durumda da esmerleşme reaksiyonları ve sıcaklık arttıka sıcaklığa hassas olan pigmentlerin parçalanması ve sonuça kararmanın ortaya çıkması etkili olmuştur (Altan vd., 2008). Sıcaklık arttıka kararmanın arttığı için a değeri daha yüksek çıkmıştır.

“b” değerinde ise sıcaklık arttıka tüm zenginleştirilmiş ürünlere düşüş gözlenmiştir. Tacer Caba (2015) yaptığı çalışmada, üzüm tozlu ürünlerinde ekstrüder sıcaklığı artışı ile “a” değeri artarken “b” değerinin düştüğünü tespit etmiştir. Yüksek sıcaklıkta üzüm tozlu olarak üretilen ürünlerin sarılık ve kırmızılık oranını, üzüm tozsuz ve görece daha düşük sıcaklıkta üretilen ürünlere göre anlamlı şekilde yüksek bulmuştur ($p<0.05$). Bezelye nişastası ile erişte üretilen bir çalışmada ise kalıp sıcaklığının “L” değerini anlamlı şekilde etkilediği, “a” değeri üzerinde ise anlamlı bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir (Wang vd., 2012).

4.2. Ekstrüzyon Parametrelerinin Ürünlerin Kimyasal Özelliklerine Etkisi

4.2.1. Antioksidan Aktivite ve Toplam Fenolik Madde Miktarı

Kurutulmuş yeşil fasulye tozu, domates tozu ve bamyâ tohumu tozu ile % 4, % 8 ve % 12 oranlarında zenginleştirilmiş erişte ürünlerine ait antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde miktarları sonuçları Çizelge 4.4'te yer almaktadır. Ayrıca toz oranlarının, ürünlerin bu özellikleri üzerindeki etkileri Şekil 4.16 ve Şekil 4.17'de; sıcaklığın ise ürünlerin antioksidan aktivite ve fenolik bileşenleri üzerindeki etkilerin Şekil 4.18 ve 4.19 ile görsel hale getirilmiştir.

Çizelge 4.4. Zenginleştirilmiş erişte ürünlerinin % antioksidan aktiviteleri ve toplam fenolik madde içerikleri

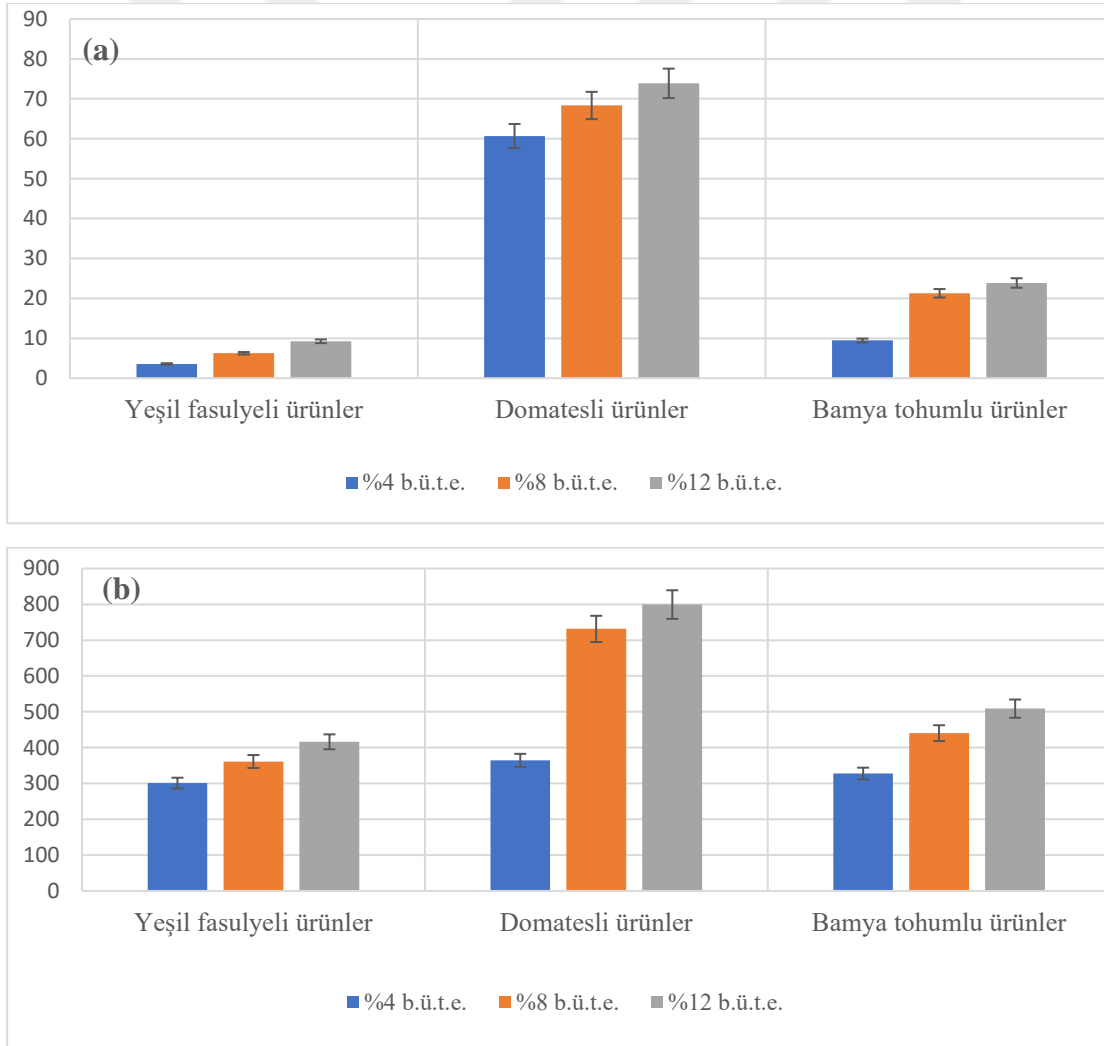
ÜRÜN KODU	Antioksidan aktivite (%)	Toplam fenolik madde miktarı (ppm)
F4-80	3,57±0,37 ^a	135,36±6,10 ^a
F4-100	39,15±1,19 ^f	300,97±15,11 ^e
F8-80	6,24±0,59 ^{ab}	189,18±5,05 ^{bc}
F8-100	64,63±3,29 ⁱ	361,26±20,27 ^f
F12-80	9,25±0,11 ^{bc}	218,98±1,55 ^c
F12-100	65,20±1,48 ^{ij}	416,21±25,67 ^g
D4-80	60,66±2,14 ^h	453,48±23,31 ^h
D4-100	22,53±1,87 ^d	364,43±18,74 ^f
D8-80	68,32±3,07 ^j	804,31±16,63 ^k
D8-100	34,78±2,07 ^e	731,44±27,58 ^j
D12-80	73,86±1,47 ^k	1031,31±37,36 ^l
D12-100	37,75±3,03 ^{ef}	799,31±27,98 ^k
B4-80	9,45±1,73 ^c	172,56±1,63 ^b
B4-100	53,04±1,15 ^g	327,70±2,57 ^e
B8-80	21,27±1,59 ^d	250,05±2,82 ^d
B8-100	65,08±0,73 ^{ij}	440,48±2,01 ^{gh}
B12-80	23,85±1,93 ^d	360,40±19,71 ^f
B12-100	67,47±1,17 ^{ij}	508,84±15,50 ⁱ

a-l: Aynı sütundaki farklı harfler, veriler arasında istatistiksel olarak fark olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

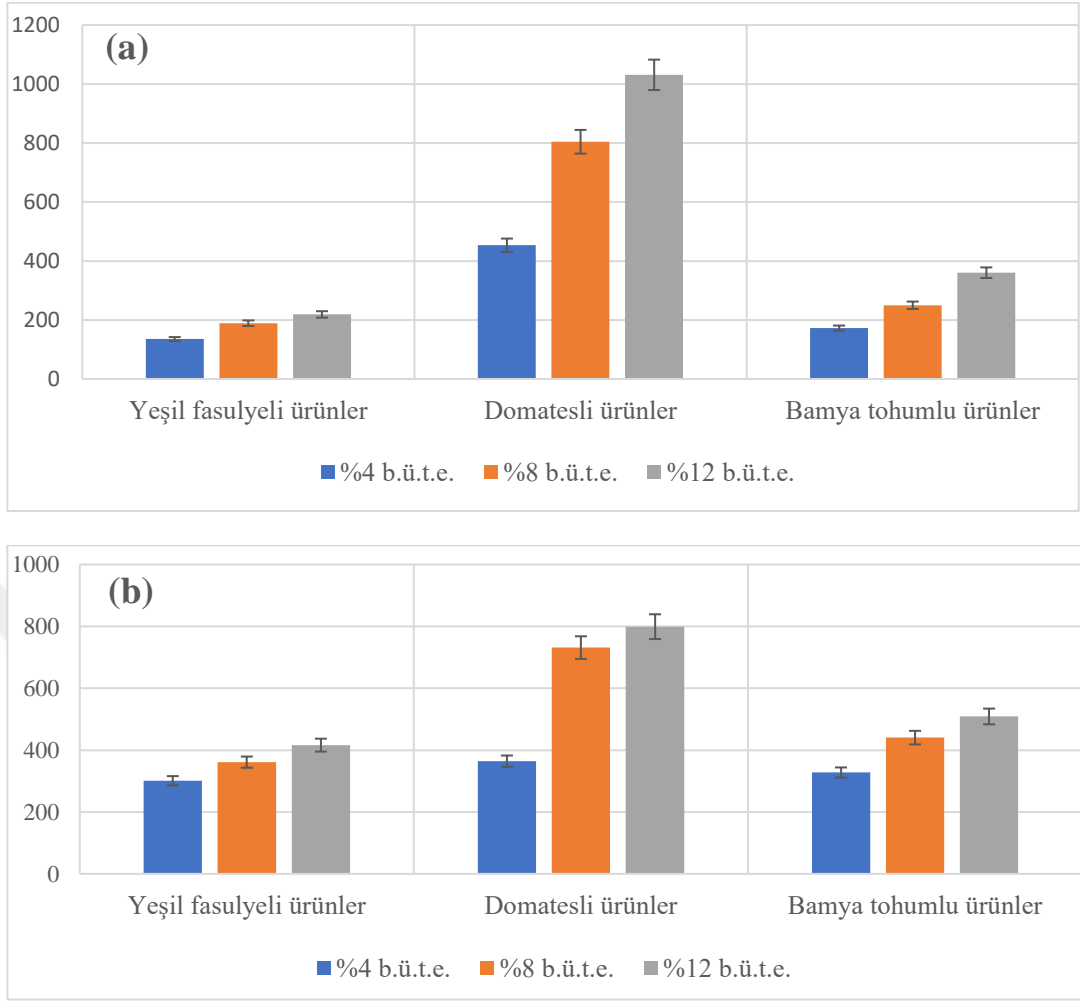
± standart sapma.

4.2.1.1. Sabit Sıcaklık Koşullarında Artan Sebze Tozu Oranının Erişte Ürünlerinin Antioksidan Aktivite ve Toplam Fenolik Madde Miktarındaki Etkisinin İncelenmesi

80°C’ de ve 100°C’de üretilen, kurutulmuş sebze tozları ile zenginleştirilmiş çabuk erişte ürünlerine ait grafikler (Şekil 4.16 (a), (b) ile Şekil 4.17 (a), (b)) oluşturulmuş olup, kullanılan sebze tozu oranlarının ürünlerin antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde miktarı üzerindeki etkilerin görsel olarak ifade edilmiştir.



Şekil 4.16. Sabit sıcaklık koşullarında üretilen erişte ürünlerinde sebze tozu oranlarının, % antioksidan aktiviteye etkisi (a) 80°C’de üretilen ürünlerde sebze tozu oranının % antioksidan aktiviteye etkisi (b) 100°C’de üretilen ürünlerde sebze tozu oranının % antioksidan aktiviteye etkisi



Şekil 4.17. Sabit sıcaklık koşullarında üretilen erişte ürünlerinde sebze tozu oranlarının toplam fenolik madde içeriğine etkisi (a) 80°C’de üretilen ürünlerde sebze tozu oranının fenolik miktara etkisi (b) 100°C’de üretilen ürünlerde sebze tozu oranının fenolik miktara etkisi

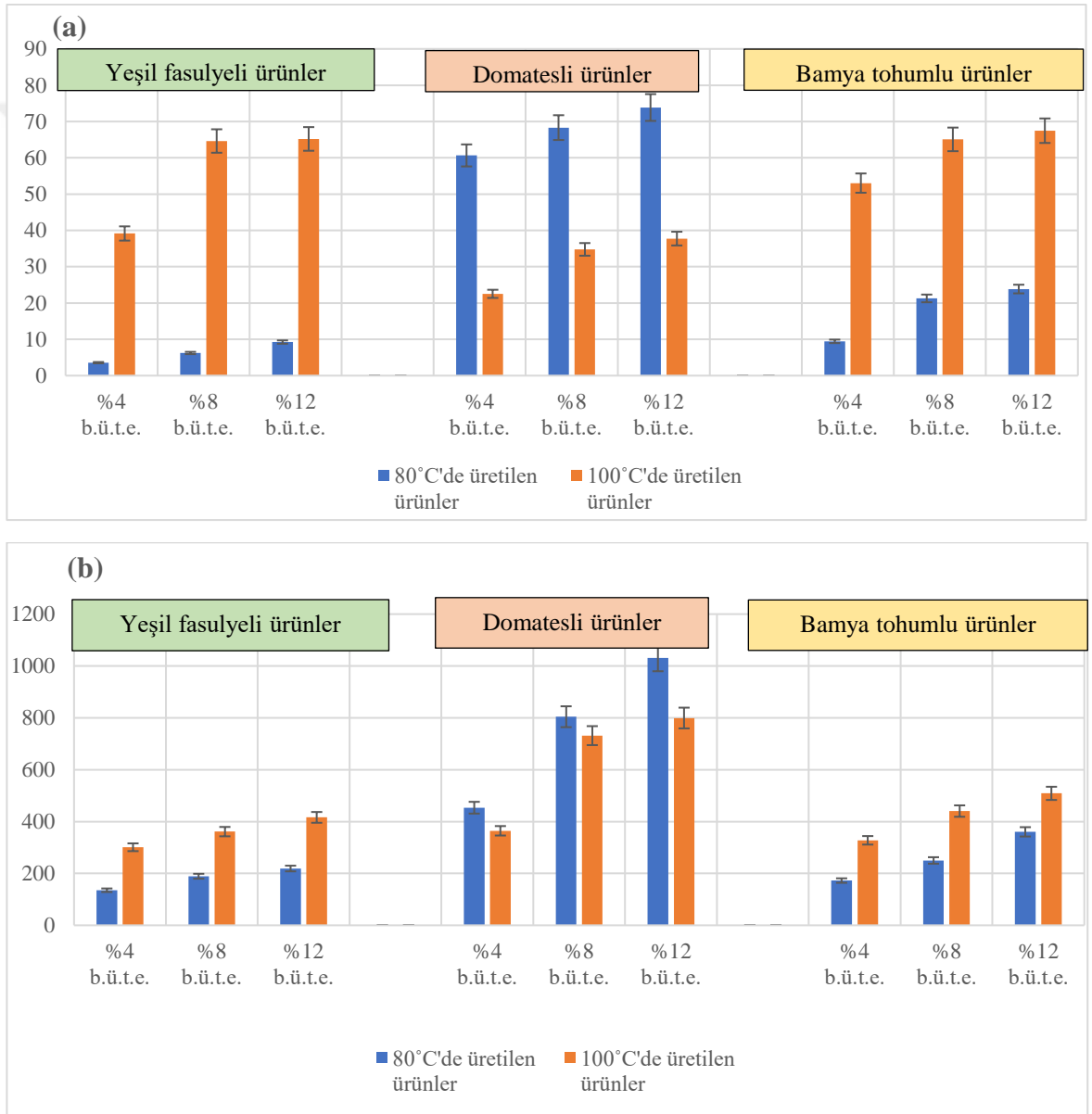
Şekil 4.16 ve Şekil 4.17’ de, 80°C ve 100°C ekstrüzyon sıcaklıklarında üretilmiş % 4, % 8 ve % 12 oranlarında zenginleştirilmiş erişte ürünlerine ait “antioksidan aktivite” ve “toplam fenolik madde miktarı” değerleri grafik haline getirilmiştir. Her bir bitkisel tozlu ürün grubunda, kullanılan toz oranı arttıkça antioksidan aktivitelerinin ve toplam fenolik madde miktarlarının istatistiksel olarak anlamlı derecede arttığı görülmektedir. Antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde miktarı bakımından en yüksek değerler domates tozlu ürünlerde olup; D12-80 ve D12-100 ürünlerinde, diğer ürün gruplarına nazaran toplam fenolik

miktarı bakımından keskin bir şekilde artış olduğu tespit edilmiştir. Domateste temel antioksidanlardan olan karotenoidler, askorbik asit ve fenolik bileşenlerin oldukça fazla olması bu artıştaki en etkili faktör olmuştur (Dehghan-Shoar vd., 2010). Antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde miktarı bakımından kurutulmuş yeşil fasulye tozlu erişteler, zenginleştirilmiş ürünler içinde en düşük seviyede bulunmuştur. Kurutulmuş yeşil fasulye tozlu ve bamya tohumu tozlu ürünler karşılaştırılacak olursa; antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde miktarı bakımından kurutulmuş yeşil fasulye tozlu ürünler, bamya tohumu tozlu ürünlere göre daha düşük bulunmuştur. Bu durumun sebebi olarak, bamya tohumunun (185-1456 mg GAE / 100g), yeşil fasulyeden (144-453 mg GAE / 100g) daha fazla fenolik madde içermesi gösterilmiştir (Adelakun ve Olusegun, 2011; Çalışır vd., 2005; Mastura vd., 2017).

Nakhon vd. (2018) % 10, % 15 ve % 20 oranlarında balkabağı ile ürettiği ürünlerde, β -karoten ve fenolik bileşenler açısından iyi bir kaynak olduğundan balkabağı oranı arttıkça antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde miktarının arttığını tespit etmiştir (20-28 mg GAE/100 g örnek kuru bazda; DPPH %15.65, %22.45, %21.56). Spinelli vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada ise mısır kepeği, üzüm posası unu ve içki endüstrisi atığı gıda yan ürünleri ile zenginleştirilen erişte ürünlerinde kullanılan yan ürün oranı arttıkça toplam fenolik madde miktarının arttığı tespit edilmiştir.

4.2.1.2. Sıcaklık Koşullarının Erişte Ürünlerinin Antioksidan Aktivite ve Toplam Fenolik Madde Miktarı Üzerindeki Etkisini İncelenmesi

80°C ve 100°C’de üretilen, zenginleştirilmiş çabuk eriştelere ait grafikler (Şekil 4.18) oluşturulmuş ve sıcaklık koşullarının ürünlerin antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde miktarı üzerindeki etkileri görsel olarak ifade edilmiştir.



Şekil 4.18. Ekstrüder sıcaklığının, zenginleştirilmiş erişte ürünlerinde antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde içeriğine etkisi (a) Sıcaklığın antioksidan aktivite üzerine etkisi (b) Sıcaklığın toplam fenolik miktarına etkisi.

Şekil 4.18'de ekstrüzyon sıcaklığı 80°C'den 100°C'ye çıktığında kurutulmuş fasulye tozlu ve bamyâ tohumu tozlu erişte ürünlerinde hem antioksidan aktivitede hem de toplam fenolik madde miktarında artış olurken domates tozlu ürünlerde tersi durum tespit edilmiştir. Literatürde sıcaklık artışı ile birlikte antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde miktarlarında hem artış hem düşüş olan çalışmalar mevcuttur (Kahlon vd., 2007; Delgado-Licon vd., 2009; Shih vd., 2009; Anton vd., 2009; El Hady and Habiba, 2003; Doymaz, 2005). Çünkü bazı meyve-sebzelerde sıcaklık artışı ile yeni fenolik bileşenlerin oluşması desteklenirken bazı meyve-sebzelerde ise ısıya hassas bileşenlerden dolayı antioksidan aktivite ve fenolik madde miktarında azalma görülmektedir ve bu durum bazı fenolik bileşiklerin salınımı, fenolik asit türevlerinin salınmasına yol açabilecek ligninin kısmi bozunması ve bazı fenolik bileşiklerin termal bozunumu olarak açıklanmıştır (Brennan vd., 2011).

Fasulye tozlu ve bamyâ tohumu tozlu ürünlerde sıcaklıkla birlikte fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivitenin artması; sıcaklık artışının yeni biyoaktif bileşikleri açığa çıkarmasına, antioksidan aktiviteyi olumlu yönde etkileyecek yapı oluşturmaya ve Maillard reaksiyonu sonucu oluşan kahverengi bileşikler antioksidan aktiviteyi artırırken (Kahlon vd., 2007) hücre duvarının yıkıma uğraması ve yüksek moleküler ağırlıkta fenolik maddeleri ortaya çıkarmasına bağlanabilir (Sharma vd., 2016; Oomah vd., 2005). Ayrıca, sıcaklık arttıkça antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde içeriğinin artmasının bir diğer sebebinin ise şu şekilde olabileceği düşünülmektedir: Her ne kadar DPPH metodu genel kabul görmüş bir metot ve pek çok iyi özellikleri olsa da, bazı eksik yönleri olabilmektedir. Örneğin, reaksiyon esnasında bazı fenolik ve antioksidan aktivite

göstermeyen bileşenler, birbirleri ile tepkimeye girerek metotta oluşması beklenen mordan sarıya renk değişimini gösterip; antioksidan aktivite ve fenolik bileşenlerin sıcaklıkla birlikte bu denli artmış gibi sonuç vermesi ihtimali üzerinde yorum yapılmıştır. Ayrıca ekstraksiyon metodunda da optimizasyon gerekebileceği düşünülmüştür. Ekstraksiyon esnasında, fenolik bazı bileşenlerin tam olarak elde edilememesi ve bu nedenle analiz sonucunda, fenolik özellik gösteren yeni bileşenlerin, sıcaklıkla birlikte açığa çıkmış gibi sonuç vermesi ihtimali bulunmaktadır (Maskan ve Altan, 2012).

Domates tozlu ürünlerde ise sıcaklık 80°C'den 100°C'ye çıktığında antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde miktarında azalma olmasının nedeninin, yüksek sıcaklığa bağlı olarak fenolik bileşenlerin dekarboksilasyonu, fenol ve taninlerin polimerizasyonu ve karotenoidler gibi biyoaktif bileşenlerin kayba uğraması olduğu düşünülmektedir (Tacer Caba, 2015). Ortak (2014) tarafından yapılan çalışmada, ekstrüder sıcaklığının 130°C'den 160°C'ye çıkması sonucu toplam fenolik madde miktarında % 47 kayıp olduğu (18.15 mg/g kuru bazda gallik asit eşdeğeri fenolik içerikten 9.60 mg/g kuru bazda gallik asit eşdeğeri fenolik içerik) tespit edilmiştir. Bu sonuçlara zıt olarak ekstrüder sıcaklığının 130°C'den 160°C'ye çıkarıldığı, Sharma vd. (2016) nin yaptığı çalışmada toplam fenolik madde miktarının arttığı gözlenmiştir. Yapılan bir başka çalışmada ise %10, %20, %30 oranlarında üzüm tozu kullanılarak 90°C, 120°C, 150°C ekstrüder koşullarında üretilen ürünlerde 150°C'de elde edilen ürünlerin en düşük antioksidan aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiştir (Tacer Caba, 2015). Gumul ve Korus (2006), 140°C'de ekstrüde edilen arpa ununun, 160°C'de ekstrüde edilene göre antioksidan aktivitesinin düştüğünü tespit etmiş ve bu durumu ekstrüzyon ile

fenolik asitlerin seviyesinin artması, hammaddenin hücre duvarından asit ve türevlerinin ayrılmasına dayandırmıştır. Ayrıca yüksek sıcaklıkta Maillard reaksiyonu sonucu oluşan yüksek moleküler ağırlıklı antioksidan potansiyeli bulunan bileşenler de yüksek antioksidan aktivitesine neden olmaktadır. Larrauri vd. (1997) ise ekstrüzyon pişirmeyi 60°C, 100°C ve 140°C’de yaparak üzüm posası ile elde edilen ürünlerde, sıcaklığın polifenoller ve antioksidan aktivitesi üzerindeki etkisini incelemişler ve sonucunda sıcaklık 100°Cden 140°Cye çıktığında önemli düşüş tespit etmişlerdir. Leyva-Corral tarafından yapılan çalışmada (2016), ekstrüzyon sıcaklığının ekstrüde ürünlerde antioksidan aktiviteyi az da olsa düşürdüğü gözlemlenmiştir. Ayrıca Güler (2011) tarafından yapılan çalışmada, toplam fenolik madde miktarı ile antioksidan aktivite arasında yüksek korelasyon bulunmuştur. Toplam fenolik madde miktarı bilindiğinde, antioksidan aktivite değerinin %97.6’sı açıklanabileceğini belirtmiştir.

4.2.2. β -Karoten ve Likopen Miktarları

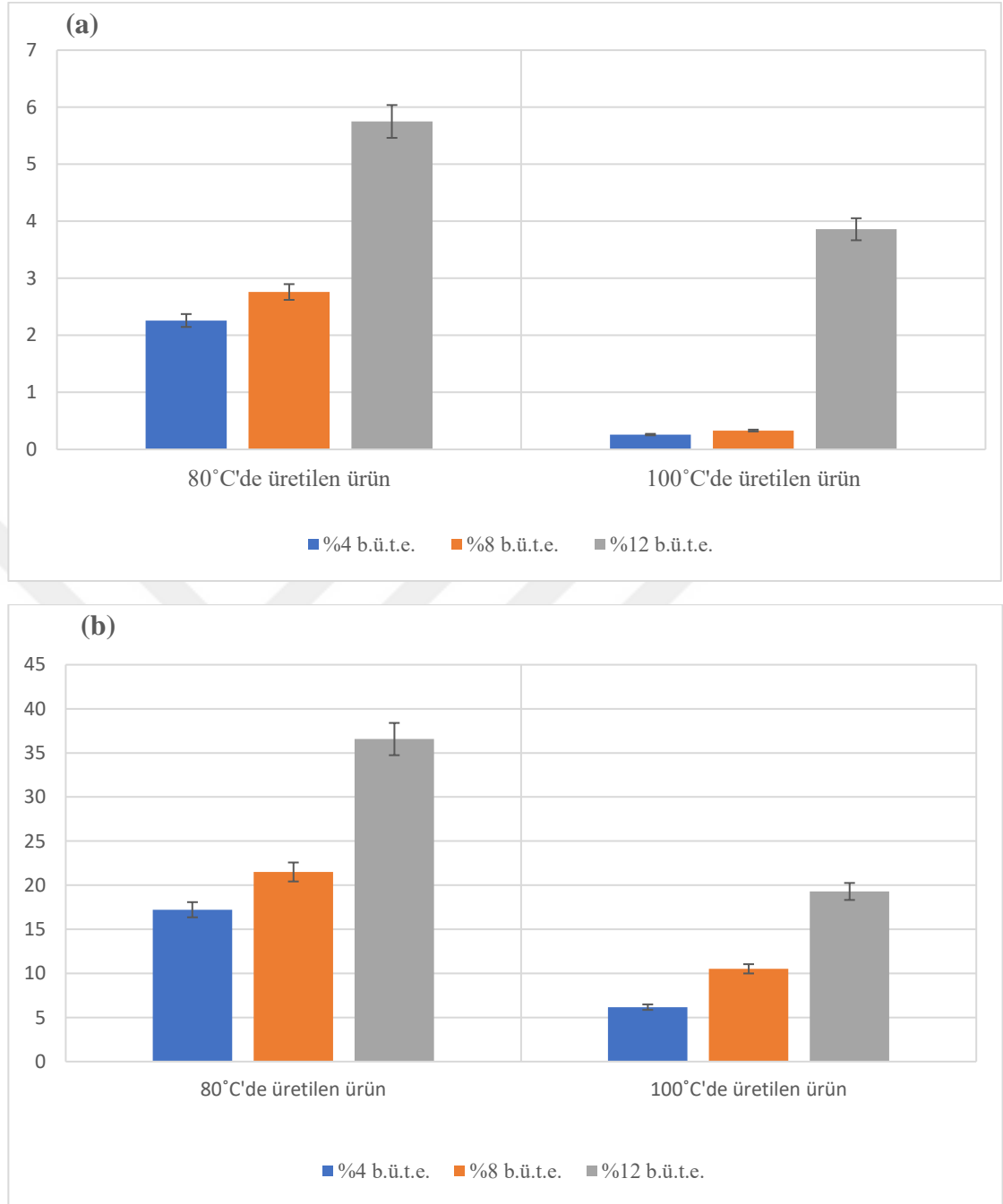
Domates tozlu ekstrüde hazır-çabuk erişte ürünlerinde yapılan analizler sonucu elde edilen veriler (β -karoten ve likopen (ppm) miktarları) Çizelge 4.5 ve Grafik 4.19’da yer almaktadır.

Çizelge 4.5. Domatesli erişte ürünlerine ait β -karoten ve likopen içeriği (ppm)

ÜRÜN KODU	Betakaroten (ppm)	Likopen (ppm)
D4-80	2,26±0,507 ^b	17,22±0,746 ^c
D4-100	0,26±0,578 ^a	6,17±0,123 ^a
D8-80	2,76±0,204 ^c	21,50±0,285 ^e
D8-100	0,33±0,356 ^a	10,52±0,240 ^b
D12-80	5,75±0,188 ^e	36,57±0,948 ^f
D12-100	3,86±0,189 ^d	19,29±0,108 ^d

a-f: Aynı sütundaki farklı harfler, veriler arasında istatistiksel olarak fark olduğunu göstermektedir (p<0.05),

± standart sapma.



Şekil 4.19. Domatesli erişte ürünlerine ait β -karoten ve likopen miktar içeriği (a) Domates tozu oranının ve sıcaklık koşullarının eriştelerin β -karoten içeriğine etkisi (b) Domates tozu oranının ve sıcaklık koşullarının eriştelerin likopen içeriğine etkisi

Analiz sonuçlarına bakıldığında; kullanılan domates tozu oranı arttıkça β -karoten ve likopen miktarının arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca sıcaklık 80°C'den 100°C'ye çıktığında bu değerlerin düştüğü gözlemlenmiştir. Bu sonuçta,

antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde miktarlarında sıcaklık arttıkça azalmanın olması etkili olduğu olmuştur. Martinez-Valverde vd. (2002), yaptıkları çalışmada, toplam fenolik madde içeriği ile likopen içeriği arasında önemli korelasyon olduğunu belirtmişler ve domates örneklerinde, likopen, ferulik ve kafeik asitlerin antioksidan kapasite açısından birbirleri ile aralarında önemli derecede ilişki bulunduğu tespit edilmiştir. Havuç ile zenginleştirilen bir çalışmada, erişte ürününde pişirmenin β -carotene konsantrasyonu üzerindeki etkisi incelenmiştir. Pişirme ile β -karoten oranının %24 - 35 aralığında düştüğü ve b-karotenin işlem sırasında isomerize olmuş olabileceği yorumu yapılmıştır (Oliviero ve Fogliano, 2016).

Bileşenlerin kimyasal kompozisyonu, ısıya dayanıksız bileşenlerin yıkıma uğramasında etkili olmaktadır (Dehghan-Shoar vd., 2010). Ekstrüzyon sırasında b-karoten ve antosiyaninlerin, gıdanın bileşimine ve bulunan pigmente bağlı olarak %10 ile %75 arasında tutulduğu bildirilmektedir (Camire vd., 2007; Camire vd., 2003).

Ekstrüde atıştırılmalıkların domates türevleri ile zenginleştirilmesi, likopen ve lif açısından zenginleşmesine neden olur. Bu amaçla Dehghan-Shoar vd. (2010) tarafından yapılan çalışma, likopenin ekstrüde edilen çerezlerde tutulabileceğini göstermiştir. Ekstrüzyon sonrasında tutulan likopen miktarı çok düşük olmasına rağmen, baz bileşenlerin kimyasal bileşimindeki varyasyon özellikle nişasta içeriğinde artışlar, tutma değerlerini iyileştirmiştir. Ayrıca, domates kabuğu gibi fiziksel olarak dirençli bir malzeme likopen kaynağı olarak kullanılırsa, nihai üründe daha yüksek seviyeler korunabilir. Bu sonuç Padalino vd. (2017)'nin yaptığı

bir çalışma ile desteklenmiştir. Yapılan çalışmada %10 ve %15 oranlarında domates kabuğu katkılı spagetti üretilmiş ve Likopen içeriği 0.63 ppm'den 1.12 ppm'e, b-karoten içeriği ise 5.16 ppm'den 13.36 ppm'e çıkmıştır. Domates kabuğu oranı artması ile birlikte likopen ve b-karoten gibi karotenoidlerin ve çözünebilir ve çözünmeyen besinsel liflerin arttığı tespit edilmiştir.

Kurutma ve pişirme sıcaklığı, ısıya duyarlı fitokimyasalların kayıplarını etkilemektedir. Örneğin, C vitamini ısı işlemlerle bozunmaktadır (Van Boekel vd., 2010). Bununla birlikte, sıcaklık işlemleri bazı fitokimyasalların biyo-erişilebilirliğini artıran tam tersi bir etkiye de sahip olabilmekte olup, örneğin, pişirmenin b-karotenin biyo-erişilebilirliğini arttırdığı bildirilmektedir (Paznocht vd., 2021). Bu nedenle, eklenen sebzenin türüne, miktarına ve yapısına bağlı olarak farklı sonuçlara yol açması beklenebilir (Oliviero ve Fogliano, 2016).

4.3. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Görüntüleri

Tüketime hazır çabuk erişte ürünlerinin mikroyapılarının sıcaklık ve kullanılan kurutulmuş yeşil fasulye tozu, domates tozu ve bamya tohumu tozu oranlarına göre değiştiği tespit edilmiştir. Örneklerin SEM görüntüleri EK 4'te verilmiştir. Nişasta oranı tüm örneklerde aynı oranda olduğu için toz oranı ve sıcaklık faktörlerinin ürünlerde nasıl bir görüntüye sebep olduğu incelenmiştir. Ürün bileşimindeki buğday unu arttıkça ürünlerin dış tabakalarında nişasta granülleri olan pürüzlü bir yüzey olduğu görülmüştür. Dolayısıyla, %4 oranında kurutulmuş sebze tozu ile üretilen eriştelere, diğer zenginleştirilmiş eriştelere göre daha pürüzlü bir yüzey göstermiştir. Benzer sonuçlar Tığa (2018) tarafından yapılan çalışmada da elde

edilmiştir. Ayrıca kullanılan sebze tozu oranı arttıkça ürünlerin lif içeriği de artmış olup; lifin, gaz hücrelerinin yırtılmasına neden olarak hücre boyutunu küçültmesi, genişlemeyi azaltması ve daha az gözenekli yapı oluşmasına neden olması; %4 tozlu eriştelere SEM görüntülerinin daha pürüzlü olmasının bir diğer sebebi olarak yorumlanmıştır (Wang vd., 2012). 80°C’de üretilen ürünler daha oluklu bir yüzey gösterirken, 100°C’de üretilen ürünler daha pürüzsüz ve sağlam bir yüzey göstermiştir. 100°C’de elde edilen eriştelere daha kalın çaplı, sert ve sağlam yapıda olduklarından hem pişme kayıpları düşmüş hem de sertlik değerlerinin arttığı gözlemlenmiştir. Dolayısıyla SEM görüntüleri ile bu veriler de birbirlerini desteklemiş olmaktadır.

4.4. Ekstrüzyon Parametrelerinin Ürünlerin Duyusal Özelliklerine Etkisi

Çizelge 4.6’da elde edilen kontrol ve zenginleştirilmiş erişte örneklerine yapılan duyusal analiz sonuçları verilmiştir. Çizelgede 10 paneliste uygulanmış ve 1-9 arasında örnekleri puanlamaları istenen ürünlere ait sonuçlar yer almaktadır.

Bamya tohumu tozu ile zenginleştirilen erişte örneklerinin renk, tat-lezzet, koku, görünüm ve genel kabul edilebilirlik açısından diğer örneklerle göre daha düşük puan aldığı tespit edilmiştir. Görünüm açısından yeşil fasulye ve domatesli eriştelere, kontrol ve bamya tohumlu çabuk eriştelere göre daha çok tercih edildiği görülmüştür. Yeşil fasulye tozlu eriştelere pişerken kurutulmuş, közlenmiş bir koku etrafına yaymıştır ve bu koku tüketicilerin hoşuna gitmiştir. Yeşil fasulye ve domates ile zenginleştirilmiş eriştelere, kullanılan toz oranı ve sıcaklık koşullarının duyusal özellikler üzerinde önemli bir etkisi olmadığı gözlemlenmiştir (p

> 0.05). Sonuçta, hem domates tozlu eriştelerde hem de fasulye tozlu eriştelerde kullanılan toz oranı arttıkça ürünler hakkında genel beğeni tüketicilerde genelde benzer olmuştur. Domates tozlu ve yeşil fasulye tozlu ürünler kendi içlerinde birbirlerine benzer sonuç vermişlerdir. Renk açısından en yüksek puanlar kontrol örneklerine ve domatesli eriştelere verilirken, en düşük puanlar bamya tohumlu eriştelere verilmiştir. Eriştelerin genel kabul edilebilirlik puanları 5.10 ile 7.40 arasında değişmekte olup, F4-80 ve D4-80 ürünleri genel kabul açısından en yüksek puanı (7.40) almıştır. B12-80 ve B12-100 ürünleri 5.10 ve 5.30 puanları ile en düşük genel kabulü almıştır. Sonuç olarak her ne kadar istatistiksel olarak domates tozlu ve yeşil fasulyeli eriştelerde toz oranı arttıkça duyuşal açıdan önemli bir fark olmasa da, tüketiciler tarafından en yüksek puanı % 4 bitkisel toz oranı ile elde edilen erişte örnekleri almıştır.

Altan vd. (2008) üzüm posası ile zenginleştirdiği ürünlerinde yaptığı duyuşal analiz sonucunda, üzüm posası oranı arttıkça duyuşal değerlendirme puanlarının düştüğünü tespit etmiştir.

Çizelge 4.6. Erişte ürünlerine ait duyu analizi sonuçları

Duyusal Özellikler					
Örnekler	Görünüm	Koku	Renk	Tat-Lezzet	Genel beğeni
K-80	5,00 ± 0,82 ^{ab}	7,50 ± 0,53 ^{fgh}	7,90 ± 0,57 ^{gh}	6,80 ± 0,63 ^{cd}	6,40 ± 0,52 ^{de}
K-100	5,80 ± 0,92 ^{cd}	7,60 ± 0,70 ^{fgh}	8,00 ± 0,82 ^{gh}	7,00 ± 0,67 ^{cd}	6,90 ± 0,57 ^{efgh}
F4-80	7,00 ± 0,67 ^{fg}	7,40 ± 0,84 ^{fg}	7,80 ± 0,79 ^{fgh}	7,20 ± 0,42 ^{ef}	7,40 ± 0,52 ^h
F4-100	7,30 ± 0,67 ^{gh}	7,20 ± 0,79 ^f	7,80 ± 0,92 ^{fgh}	7,30 ± 0,48 ^d	7,10 ± 0,74 ^{gh}
F8-80	7,30 ± 0,48 ^{gh}	7,80 ± 0,63 ^{fgh}	7,40 ± 0,84 ^{efg}	6,80 ± 0,63 ^{cd}	6,60 ± 0,52 ^{efg}
F8-100	7,40 ± 0,70 ^{gh}	7,80 ± 0,63 ^{fgh}	7,20 ± 0,79 ^{def}	6,80 ± 0,63 ^{cd}	6,60 ± 0,52 ^{efg}
F12-80	6,20 ± 0,63 ^{de}	7,90 ± 0,74 ^{gh}	6,80 ± 0,79 ^{cde}	6,70 ± 0,67 ^{cd}	6,90 ± 0,57 ^{efgh}
F12-100	6,80 ± 0,63 ^{efg}	8,10 ± 0,74 ^h	6,60 ± 0,97 ^{cd}	7,10 ± 0,74 ^{cd}	7,10 ± 0,74 ^{gh}
D4-80	7,80 ± 0,92 ^h	6,10 ± 0,74 ^{de}	8,00 ± 0,67 ^{gh}	7,00 ± 0,67 ^{cd}	7,40 ± 0,52 ^h
D4-100	7,10 ± 0,74 ^{fg}	6,50 ± 0,53 ^e	8,20 ± 0,63 ^h	7,30 ± 0,48 ^d	7,30 ± 0,48 ^h
D8-80	7,30 ± 0,67 ^{gh}	6,00 ± 0,67 ^{cde}	8,20 ± 0,63 ^h	6,60 ± 0,52 ^c	7,00 ± 0,47 ^{fgh}
D8-100	7,90 ± 0,74 ^h	5,90 ± 0,74 ^{cde}	8,20 ± 0,42 ^h	7,20 ± 0,42 ^{cd}	7,30 ± 0,48 ^h
D12-80	7,90 ± 0,74 ^h	5,80 ± 0,79 ^{cd}	8,20 ± 0,63 ^{gh}	7,30 ± 0,48 ^d	7,40 ± 0,52 ^h
D12-100	7,90 ± 0,74 ^h	5,80 ± 0,79 ^{cd}	8,00 ± 0,67 ^{gh}	7,20 ± 0,79 ^{cd}	7,30 ± 0,67 ^h
B4-80	6,50 ± 0,53 ^{ef}	5,50 ± 0,53 ^{bcd}	6,20 ± 0,63 ^{bc}	5,40 ± 0,52 ^b	6,50 ± 0,53 ^{ef}
B4-100	6,50 ± 0,53 ^{ef}	5,40 ± 0,52 ^{bc}	6,50 ± 0,53 ^c	5,00 ± 0,47 ^b	6,40 ± 0,52 ^{de}
B8-80	5,40 ± 0,52 ^{bc}	4,90 ± 0,74 ^{ab}	5,30 ± 0,48 ^a	5,20 ± 0,42 ^b	5,70 ± 0,67 ^{bc}
B8-100	5,70 ± 0,48 ^{cd}	5,30 ± 0,48 ^{bc}	5,70 ± 0,67 ^{ab}	4,80 ± 0,63 ^{ab}	5,90 ± 0,32 ^{cd}
B12-80	4,50 ± 0,53 ^a	4,40 ± 0,52 ^a	5,20 ± 0,42 ^a	5,00 ± 0,47 ^b	5,10 ± 0,32 ^a
B12-100	4,80 ± 0,79 ^{ab}	4,60 ± 0,52 ^a	5,30 ± 0,48 ^a	4,30 ± 1,25 ^a	5,30 ± 0,48 ^{ab}

a-h: Aynı sütündeki farklı harfler, veriler arasında istatistiksel olarak fark olduğunu göstermektedir ($p < 0.05$) ± standart sapma.

5. SONUÇ

Günümüzde yaşam koşullarının hızlanarak değişmesi ile birlikte yeme-içme anlamında tüketici alışkanlıkları da değişmeye başlamıştır. İnsanlar kolay şekilde tüketebileceği gıdalara ulaşmayı tercih etmektedir. Bu anlamda en çok tüketilen gıda ürünleri çabuk eriştelere olup, ekstrüzyon teknolojisi makarna ürünleri ve atıştırmalık sektöründe oldukça yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Tüketime hazır gıda ürünleri her ne kadar çabuk ulaşıp tüketilebilen gıdalar olsa da bazı sağlık endişelerini de taşımaktadır. Hem görece sağlıklı hem de hayat şartlarına uyum sağlayabilecek zenginleştirilmiş eriştelere, sektörde ve akademik çalışmalarda ön sırada yerini almıştır. Zenginleştirme materyali olarak meyve, sebze ve baklagiller en çok tercih edilen gıda grupları olmuştur.

Bu çalışmada kurutulmuş yeşil fasulye tozu, domates tozu ve bamya tohumu tozu belli oranlarda, tüketime hazır erişte un karışımına eklenerek zenginleştirilmiş ve iki farklı kalıp sıcaklığında üretim gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Ekstrüzyon teknolojisinden yararlanılan üretimlerde laboratuvar tipi eş yönlü dönen çift vidalı ekstrüder kullanılmıştır. Buğday ununa 0:100, 4:96, 8:92, ve 12:88 oranlarında kurutulmuş bitkisel toz eklenerek hazırlanan hammadde karışımı mikserle karıştıktan sonra ekstrüdere beslenmiş, kalıp sıcaklığı 80°C ve 100°C olarak değiştirilmiştir. Ekstrüderden alınan örnekler 100°C'de 1-1.5 saat kurutulmuştur. Elde edilen zenginleştirilmiş erişte ürünlerinde pişme özellikleri (pişme süresi, pişme kaybı, su absorpsiyon kapasitesi), renk değerleri, dokusal özellikleri, antioksidan aktiviteleri, toplam fenolik madde içerikleri, β -karoten ve likopen miktarları, SEM görüntüleri ve duyu özellikleri incelenmiştir.

Ekstrüzyon teknolojisi ile üretilmiş erişte ürünlerinde pişme süresi, pişme kaybı ve su absorplama kapasiteleri önemli parametrelerdir. Renk değerleri, dokusal özellikleri de eriştelerin kalite anlamında tanımlandığı kriterlerin başında gelmektedir. Bu ürünlerde düşük pişme kaybı, düşük pişme süresi, iyi derecede su absorplama, sertlik değerlerinin uygun olması beklenmektedir. Ayrıca sağlığa yararlı ve biyoaktif bileşenler açısından zenginleştirme yapılan ürünlerde ise duyuşal özelliklerin ve genel beğenin de kabulü olması şartıyla anlamlı bir antioksidan aktivite, fenolik içeriğın gelişmesi beklenmektedir. Bu çalışmada kalite anlamında iyi sonuçlar elde edilmiş ve duyuşal olarak da özellikle yeşil fasulyeli ve domatesli erişteler en yüksek puanı almışlardır. Bamya tohumlu erişteler duyuşal olarak en düşük beğenide ürünler olmuştur.

Elde edilen zenginleştirilmiş ekstrüde çabuk erişte ürünlerinin piyasada da kabulü için farklı formülasyonlar, farklı içerikte maddeler ile katkılar yapıp ürün yapısı, aroması daha kabul edilebilir seviyelere getirilebilir. Ayrıca gluten ağının zayıflamasını önleyecek şekilde ikameler eklenerek pişme kayıplarının düşmesi, kalite parametreleri açısından daha iyi özellikler gösteren ürünler elde edilebilir. Bu sayede tüketici tarafından genel beğenisi daha iyi bir ürün eldesi sağlanabilir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Ackar, D., Jozinovic, A., Babic, J., Milicevic, B., Balentic, J.P., Subaric, D.,** 2018, Resolving the problem of poor expansion in corn extrudates enriched with food industry by-products, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 47:517-524.
- Adegunwa, M., O., Bakare, H., A., Akinola, O., F.,** 2012, Enrichment of Noodles with Soy Flour and Carrot Powder, *Nigerian Food Journal*, 30(1): 74-81.
- Adelakun, O., E., Olusegun, J., O.,** 2011, Chemical and Antioxidant Properties of Okra (*Abelmoschus esculentus* Moench) Seed, Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention, Chapter 99, pp. 841-846. DOI: 10.1016/B978-0-12-375688-6.10099-4
- Adelakun, O. E., Oyelade, O. J., Ade-Omowaye, B. I. O., Adeyemi, I. A., Van de Venter, M.,** 2009, Chemical composition and the antioxidative properties of Nigerian Okra Seed (*Abelmoschus esculentus* Moench) Flour, *Food and Chemical Toxicology*, 47: 1123-1126. Doi: 10.1016/j.fct.2009.01.036.
- Adelakun, O., E., Oyelade, O., J., Ade-Omowaye, B., I., O., Adeyemi, I., A., Van de Venter, M., Koekemoer, T., C.,** 2009, Influence of pre-treatment on yield chemical and antioxidant properties of a Nigerian okra seed (*Abelmoschus esculentes moench*) flour, *Food and Chemical Toxicology*, 47: 657-661.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Adelakun, O., E., Oyelade, O., J., 2011, Potential Use of Okra Seed (*Abelmoschus esculentus* Moench) Flour for Food Fortification and Effects of Processing, Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention, Chapter 19. Doi:10.1016/B978-0-12-380886-8.10019-4.

Agbisit, R., Alavi, S., Cheng, E., Herald, T., and Trateri, A., 2007, Relationships between microstructure and mechanical properties of cellular cornstarch extrudates, *Journal of Texture Studies*, 38: 199-219.

Ai, Y., Cichy, K., A., Harte, J., B., Kelly, J., D., 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.

Ajita, T., 2018, Extrusion cooking technology: An advance skill for manufacturing of extrudate food products, <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.73496>.

Akhtar, J., Malik, S., Alam, M.A., Student, M.T., Allahabad S., 2015, Extrusion technology used for novel Foods Production, *International Journal of Engineering Development and Research*, 3:1-7.

Alam, M., S., Aslam, R., 2021, Extrusion for the Production of Functional Foods and Ingredients, *Innovative Food Processing Technologies*, 22-35.

Alam, M.S., Pathania, S., Sharma, A., 2016, Optimization of the extrusion process for development of high fibre soybean-rice ready-to-eat snacks using carrot pomace and cauliflower trimmings, *Food Science and Technology*, 74:135-144.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Ali, S., Singh, B., Sharma, S., 2016, Response surface analysis and extrusion process optimisation of maize-mungbean-based instant weaning food, *Food Science and Technology*, 51: 2301-2312.

Almanza-Benitez, S., Osorio-Diaz, P., Mendez-Montealvo, G., Islas-Hernandez, J., J., Bello-Perez, L., A., 2015, Addition of acid-treated unripe plantain flour modified the starch digestibility, indigestible carbohydrate content and antioxidant capacity of semolina spaghetti, *Food Science and Technology*, 62(2): 1127-1133.

Altan, A., McCarthy, K.L., Maskan, M., 2008, Twin-screw extrusion of barley-grape pomace blends: Extrudate characteristics and determination of optimum processing conditions, *Journal of Food Engineering*, 89:24-32.

Altuğ, T., 1993, Duyusal Test Teknikleri, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları nu:28, Birinci baskı, İzmir.

Alvarez-Martinez, L., Kondury, K., P., Harper, J., M., 1988, A general model for expansion of extruded products, *Journal of Food Sciences*, 53: 609-615.

American Association of Cereal Chemist, 2000, Approved Methods of the AACC, Methods 66-50, American Association Cereal Chemistry, St. Paul, MNcf.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Anton, A., A., Fulcher, R. G., Arntfield, S. D.,** 2009, Physical and nutritional impact of fortification of corn starch-based extruded snacks with common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flour: effects of bean addition and extrusion cooking, *Food Chemistry*, 113(4): 989-996.
- Anuonye, J., C., Ndaliman, M., Elizabeth, O., U., Yakubu, M., C.,** 2012, Effect of blending on the composition and acceptability of blends of unripe banana and pigeon pea flours, *Nigerian Food Journal*, 30(1): 116-123.
- Arhaliass, A., Bouvier, J., M., Legrand, J.,** 2003, Melt growth and shrinkage at the exit of the die in the extrusion-cooking process, *Journal of Food Engineering*, 60: 185-192.
- Atukuri, J., Odong, B.B., Muyonga, J.H.,** 2018, Multi-response optimization of extrusion conditions of grain amaranth flour by response surface methodology, *Food Science and Nutrition*, 7:4147-4162, doi:10.1002/fsn3.1284.
- Awolu, O.O., Oluwaferanmi, P.M., Fafowora, O.I., Oseyemi, G.F.,** 2015, Optimization of the extrusion process for the production ready-to-eat snack from rice, cassava and kersting's groundnut composite flours, *Food Science and Technology*, 64:18-24.
- Bastos, G.M., Junior, M.S.S., Caliari, M., Araujo Pereira, A.L., Morais, C.C., Campos, M.R.H.,** 2016, Physical and sensory quality of gluten-free spaghetti processed from amaranth flour and potato pulp, *Food Science and Technology*, 65: 128-136.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Baçođlu, F., 2004, Gıda Kalite Kontrolü, Uludađ Üniversitesi Ziraat Fakóltesi Ders

Notları:50, Bursa.

Berger, M., Kúchler, T., MaaBen, A., Busch-Stochfisch, M., Steinhart, H.,

2007, Correlations of ingredients with sensory attributes in green beans and peas under different storage conditions, *Food Chemistry*, 103: 875-884.

Berk, Z., 2017, Food Extrusion. In.: Roos, Y., Livny, Y. (Eds), Engineering Foods

for Bioactive Stability and Delivery. Springer Verlag, New York.

Bisharat, G., I., Oikonomopoulou, V., P., Panagiotou, N., M., Krokida, M., K.,

Maroulis, Z., B., 2013, Effect of extrusion on the structural properties

of corn extrudates enriched with dehydrated vegetables, *Food Research*

International, 53 (1): 1-14.

Brennan, C., Brennan, M., Derbyshire, E., Tiwari, B., K., 2011, Effects of

extrusion on the polyphenols, vitamins and antioxidant activity of foods,

Trends in Food Science & Technology, 22: 570-575.

Büyüktuncel, S., E., 2013, Toplam fenolik içerik ve antioksidan kapasite tayininde

kullanılan başlıca spektrofotometrik yöntemler, Marmara Pharmaceutical

Journal. <https://www.researchgate.net/publication/275496466>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Büyükyazı, A., M., Tavman, Ş.,** 2020, Gıda endüstrisinde ekstrüzyon teknolojisinin kullanımı ve yapılan optimizasyon çalışmaları, *GIDA*, 45(4): 774-785.
- Camire, M., E., Dougherty, M., P., Briggs, J., L.,** 2007, Functionality of fruit powders in extruded corn breakfast cereals, *Food Chemistry*, 101: 765-770.
- Cappa, C., Franchi, R., Bogo, V., Lucisano, M.,** 2017, Cooking behavior of frozen gluten-free potato-based pasta (gnocchi) obtained through turbo cooking technology, *Food Science and Technology*, 84: 464-470.
- Cardador-Martínez A., Loarco-Pina, G., Dave Oomah, B.,** 2002, Antioxidant activity in Common Beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, (50): 6975-6980.
- Cardenes-Hernandez, A., Beta, T., Loarca-Pina, G., Castano-Tostado, E., Nieto-Barrera, J. O., Mendoza, S.,** 2016, Improved Functional Properties of Pasta: Enrichment with amaranth seed flour and dried amaranth leaves, *Journal of Cereal Science*, 72: 84-90.
- Chillo, S., Civica, V., Iannetti, M., Suriano, N., Mastromatteo, M., Del Nobile, M., A.,** 2009, Properties of quinoa and oat spaghetti loaded with carboxymethylcellulose sodium salt and pregelatinized starch as structuring agents, *Carbohydrate Polymers*, 78 (4): 932-937.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Choy, A., L., Morrison, P., D., Hughes, J., G., Marriott, P., J., Small, D., M.,

2013, Quality and antioxidant properties of instant noodles enhanced with common buckwheat flour, *J. Cereal Sci.*, 57(3): 281-287.

Chusak, C., Chanbunyawat, P., Chumnumduang, P., Chantarasinlapin, P.,

Suantewee, T., Adisakwattana, S., 2020, Effect of gac fruit (*Momordica cochinchinensis*) powder on in vitro starch digestibility, nutritional quality, textural and sensory characteristics of pasta, *Food Science and Technology*, 118: 108856.

Ciudad-Mulero, M., Fernandez-Ruiz, V., Cuadrado, C., Arribas, C., Pedrosa,

M., M., Berrios, J., R., Pan, J., Morales, P., 2020, Novel gluten-free formulations from lentil flours and nutritional yeast: Evaluation of extrusion effect on phytochemicals and non-nutritional factors, *Food Chemistry*, 315: 1-7.

Çalışır, S., Özcan, M., Haciseferoğulları, H., Uğur Yıldız, M., 2005, A study on

some physico-chemical properties of Turkey okra (*Hibiscus esculenta L.*) seeds, *Journal of Food Engineering*, (68):73-78.

Dehghan-Shoar, Z., Hardacre, A., K., Brennan, C., S., 2010, The physico-

chemical characteristics of extruded snacks enriched with tomato lycopene.

Food Chemistry, 123 (4): 1117-1122.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Delgado, E., Vences-Montano, M., I., Hernandez-Rodriguez, J., V., Rocha-

Guzman, N., Rodriguez-Vidal, A., Herrera-Gonzalez, S., M., 2012,
Inhibition of the growth of rats by extruded snacks from bean (*Phaseolus vulgaris*) and corn (*Zea mays*), *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 24(3): 255-263.

Delgado-Licon, E., Ayala, A. L. M., Rocha-Guzman, N. E., Gallegos-Infante,

J. A., Atienzo-Lazos, M., Drzewiecki, J., 2009, Influence of extrusion on the bioactive compounds and the antioxidant capacity of the bean/corn mixtures. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60(6): 522-532.

Ding, Q., B., Ainsworth, P., Tucker, G., Marson, H., 2005, The effect of extrusion conditions on the physicochemical properties and sensory characteristics of rice-based expanded snacks, *Journal of Food Engineering*, 66: 283-289.

Doymaz, İ., 2005, Drying behaviour of green beans, *Journal of Food Engineering*, (69): 161-165.

El-Hady, E. A. A., & Habiba, R. A., 2003, Effect of soaking and extrusion conditions on antinutrients and protein digestibility of legume seeds, *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologies*, 36(3): 285-293.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Espinoza-Moreno, R., J., Reyes-Moreno, C., Milan-Carrillo, J., Lopez-

Valenzuela, J., A., Paredes-Lopez, O., Gutierrez-Dorado, R., 2016, Healthy ready-to-eat expanded snack with high nutritional and antioxidant value produced from whole amaranthine transgenic maize and black common bean, *Plant Foods for Human Nutrition*, 71(2): 218-224.

Felix-Medina, J.V., Montes-Avila, J., Reyes-Moreno, C., Perales-Sanchez, J.

X. K., Gomez-Favela, M. A., Aguilar-Palazuelos, E., Gutierrez-Dorado, R., 2020, Second-generation snacks with high nutritional and antioxidant value produced by an optimized extrusion process from corn/common bean flours mixtures. *Food Science and Technology*, 124: 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109172>.

Filli, K., B., Nkama, I., Jideani, V., A., Abubakar, M., 2011, Application of

response surface methodology for the study of composition of extruded millet-cowpea mixtures for the manufacture of fura: A Nigerian food, *African Journal of Food Science*, 5(17): 884-496.

Gallegos-Infante, J., A., Rocha-Guzman, N., E., Gonzalez-Laredo, R., F.,

Ochoa-Martinez, L., A., Corzo, N., Bello-Perez, L., A., Medina-Torres, L., Peralta-Alvarez, L., E., 2010, Quality of spaghetti pasta containing Mexican common bean flour (*Phaseolus vulgaris* L.), *Food Chemistry*, 119(4): 1544-1549.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Gandhi, N., Singh, B., Sharma, S., Kapoor, S., 2018, Extrusion process optimization of corn starch to develop instant vegetable soup mix, *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(2): 2886-2910.

Gbenyi, D.I., Nkama, I., Badau, M.H., 2016, Physical and Functional Properties of Extruded Sorghum-Cowpea Blends: A Response Surface Analysis, *Food Science and Quality Management*, Vol 50. ISSN 2224-6088 (Paper), ISSN 2225-0557 (Online).

Giuberti, G., Gallo, A., Cerioli, C., Fortunati, P., Masoero, F., 2015, Cooking quality and starch digestibility of gluten free pasta using new bean flour, *Food Chemistry*, 175: 43-49.

Gönül, M., Altuğ, T., Boyacıoğlu, D., Noka, Ü., 1996, Gıda Analizleri, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, nu:84, İzmir, 1996.

Gull, A., Prasad, K., Kumar, P., 2018, Nutritional, antioxidant, microstructural and pasting properties of functional pasta, *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17: 147-153.

Güler, A., 2011, Siyah Üzüm Posası Katkılı Mısır Cipsi Eldesi: Yeni Üründe Kalite Özelliklerinin, Antioksidan Kapasitenin ve Bazı Kateşinlerin Fenolik İzlenmesi, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Manisa.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Güzel, A., 2018, Meyve ve Sebzelerden Elde Edilen Ekstraktların, Fenolik Madde Miktarı ve Antioksidan Kapasitelerinin İncelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

Helkar, P.B., Sahoo, A., 2016, Review: Food industry by-products used as a functional food ingredients, *International Journal of Waste Resources*.

Hoseney, R.C., 1999, Principles of cereal science and technology, St. Paul, MN, USA: American Association of Cereal Chemists, pp. 269-274.

Ilo, S., Berghofer, E., 1999, Kinetics of colour changes during extrusion cooking of maize gritz, *Journal of Food Engineering*, 39: 73-80.

Jalgaonkar, K., Jha, S., K., 2016, Influence of particle size and blend composition on quality of wheat semolina-pearl millet pasta, *J. Cereal Sci.*, 71: 239-245.

Jayasena, V., Leung P., Nasar-Abbas, S.M., Palta, J., and Berger, J., 2008, Development and quality evaluation of lupin-fortified instant noodles, Proceedings of the 12th International Lupin Conference: Lupins for Health and Wealth Fremantle, Western Australia: International Lupin Association, Canterbury, New Zealand.

K. Kocazorbaz E., N. Un., Erdağ, A., Zinhnioğlu, F., 2017, Inhibitory Effects of Some Bryophytes on Glutathione-S –Transferase, *Curr. Enzym. Inhib.*, 13(1): 34-40.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kahlon, T., S., Chapman, M., H., Smith, G., E., 2007,** In vitro binding of bile acids by okra, beets, asparagus, eggplant, turnips, green beans, carrots, and cauliflower, *Food Chemistry*, 103: 676-680.
- Karkle, E., L., Alavi, S., Dogan, H., 2012,** Cellular architecture and its relationship with mechanical properties in expanded extrudates containing apple pomace, *Food Research International*, 46(1): 10-21.
- Kaur, A., Shevkani, K., Singh, N., Sharma, P., Kaur, S., 2015,** Effect of guar gum and xanthan gum on pasting and noodle-making properties of potato, corn and mung bean starches, *Journal of Food Science and Technology*, 52(12): 8113-8121.
- Khanal, R., C., Howard, L., R., Prior, R., L., 2009,** Procyanidin content of grape seed and pomace, and total anthocyanin content of grape pomace as affected by extrusion processing, *Journal of Food Science*, 74(6): 174-182.
- Knoblich, M., Anderson, B., Latshaw D., 2005,** Analyses of tomato peel and seed byproducts and their use as a source of carotenoids, *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 85: 1166-1170.
- Kolniak-Ostek, J., Kita, A., Peksa, A., Wawrzyniak, A., Hamulka, J., Jeznach, M., Danilcenko, H., Jariene, E., 2017,** Analysis of the content of bioactive compounds in selected flours and enriched extruded corn products, *J. Food Compost. Anal.*, 64: 147-155.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Korus, J., Gumul, D., Achremowicz, B., 2006, The influence of extrusion on

chemical composition of dry seeds of bean (*Phaseolus vulgaris* L.), *Food Science and Technology*, 9(1).

Krishnaiah, D., Sarbatly, R., Nithyanandam, R., 2011, A review of the

antioxidant potential of medicinal plant species, *Food Bioprocess*, 89: 217-233.

Larrauri, J.A., Rupérez, P., and Saura-Calixto, F.,1997, Effect of drying

temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45: 1390-1393.

Lawless, H. T., Heymann, H., Heldman, D., R., (series ed.), 2003, Sensory

Evaluation of Food Principles and Practices, Second Ed., USA. ISSN: 1572-0330, ISBN: 978-1-4419-6487-8.

Leyva-Corral, J., Quintero-Ramos, A., Camacho-Davila, A., Zazueta-Morales,

J., J., Aguilar-Palazuelos, E., Ruiz-Gutierrez, M., G., Melendez-Pizarro, C., O., Ruiz-Anchondo, T., J., 2016, Polyphenolic compound stability and antioxidant capacity of apple pomace in an extruded cereal, *Food Science and Technology*, 65: 228-236.,

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Lim, H.S., Park, S.H., Ghafoor, K., Hwang, S.Y, Park, J.,** 2011, Quality and antioxidant properties of bread containing turmeric (*Curcuma longa* L.) cultivated in South Korea, *Food Chem.*, 124: 1577– 1582.
- Liu, J., Zhao, Y., Wu, Q., John, A., Jiang, Y., Yang, J., Liu, H., Yang, B.,** 2018, Structure characterisation of polysaccharides in vegetable "okra" and evaluation of hypoglycemic activity, *Food Chem.*, 242: 211-216.
- Liu, R., H.,** 2003, Health benefits of fruit and vegetables are from additive and synergistic combinations of phytochemicals, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 78(3): 5175-5205.
- Lohani, U.C., Muthukumarappan, K.,** 2017, Process optimization for antioxidant enriched sorghum flour and apple pomace based extrudates using liquid CO₂ assisted extrusion, *Food Science and Technology*, 86: 544-554.
- Lu, X., Brennan, M.A., Serventi, L., Liu, J., Guan, W., Brennan, C.S.,** 2018, Addition of mushroom powder to pasta enhances the antioxidant content and modulates the predictive glycaemic response of pasta, *Food Chemistry*, 264: 199-209, doi: 10.1016/j.foodchem.2018.04.130.
- Mangaraj, S., Swain, S., Deshpande, S.S.,** 2018, Development of Extruded Functional Snack Foods from Plants and Dairy Ingredients Employing Response Surface Methodology, *Journal of Dairy and Veterinary Sciences*, ISSN:2573-2196. V:7, Issue4.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Mario, C., Abel, F., Regine, S., Gerhard, S., Pilar, B.,** 2017, Carotenoid and color changes in traditionally flaked and extruded products, *Food Chemistry*, 229: 640-645.
- Martin, C.,** 2013, The interface between plant metabolic engineering and human health, *Current Opinion in Biotechnology*, 24(2): 344-353.
- Martinez-Valverde, I., Periago, M., J., Provan, G., Chesson, A.,** 2002, Phenolic compounds, lycopene and antioxidant activity in commercial varieties of tomato (*Lycopersicon esculentum*), *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82: 323-330.
- Maskan, A. (ed.), Altan, A.,** 2012, *Advances In Food Extrusion Technology*. CRC Press, ISBN:13:978-1-4398-1521-2 (e-Book Pdf), Version date: 20110829. 121-169.
- Mastura, H., Hasnah, Y., Dang, T. N.,** 2017, Total phenolic content and antioxidant capacity of beans: organic vs. inorganic, *International Food Research Journal*, 24(2): 510-517.
- Merayo, Y. A., Gonzalez, R. J., Drago, S. L., Torres, R. L., De Greef, D. M.,** 2011, Extrusion conditions and zeamays endosperm hardness affecting gluten-free spaghetti quality, *International Journal of Food Science and Technology*, 46: 2321-2328.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Min, W., Yi, L., Lijun, W., Dong, L., Zhihuai, M.,** 2015, Effects of extrusion parameters on physicochemical properties of flaxseed snack and process optimization, *Int J Agric and Biol Eng*, 8(5): 121-131.
- Morales, P., Cebadera-Miranda, L., Camara, R., M., Seis, F., S., Barros, L., De J. Berrios, J., Ferreira, I., C., F., R., Camara, M.,** 2015, Lentil flour formulations to develop new snack-type products by extrusion processing: Phytochemicals and antioxidant capacity, *Journal of Functional Foods*, 19: 537-544.
- Nakhon, P.P.S., Jangchud, K., Jangchud, A., Charunuch, C.,** 2018, Optimization of pumpkin and feed moisture content to produce healthy pumpkin-germinated brown rice extruded snacks, *Agriculture and Natural Resources*, 52: 550-556.
- Navale, S.A., Swami, S.B., Thakor, N.J.,** 2015, Extrusion Cooking Technology for Foods: A Review, *Journal of Ready to Eat Food*, 2(3): 66-80.
- Nayak, B., Berrios, J., D., J., Powers, J., R., 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 Sciences*, 76: 874-883.
- Oliviero, T., Fogliano, V.,** 2016, Food design strategies to increase vegetable intake: The case of vegetable enriched pasta, *Food Sci. Technol.*, 51: 58-64.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Oomah, B., D., Cardador-Martinez, A., Loarca-Pina, G., 2005, Phenolics and antioxidative activities in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.), *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85: 935-942.

Organization, I., P., 2014, The world pasta industry status report 2014-The world pasta industry in figures, <http://www.internationalpasta.org/resources/World%20Pasta%20Industry%20Survey/IPOstatreport2014low.pdf>

Ortak, M., 2014, Effect of Extrusion on the Functional Properties of Carrot Pulp Added Extrudates and In-Vitro Bioaccessibility of Lutein and Beta-Carotene, Master of Science in Food Engineering Department, A Thesis Submitted to The Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University (METU).

Ovando-Martinez, M., Sayago-Ayerdi, S., Agama-Acedo, E., Goni, L., Bello-Perez, L.A. 2009, Unripe banana flour as an ingredient to increase the undigestible carbohydrates of pasta, *Food Chemistry*, 113: 121-126.

Padalino, L., Conte, A., Lecce, L., Likyova, D., Sicari, V., Pellicano, T., M., Poiana, M., Del Nobile, M., A., 2017, Functional Pasta with tomato by-product as a source of antioxidant compounds and dietary fibre, *Food Technology and Economy, Engineering and Physical Properties*, 35 (1): 48-56.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Paraman, I., Sharif, M., K., Supriyadi, S., Rizvi, S., S., H.,** 2015, Agro-food industry byproducts into value-added extruded foods, *Food and Bioproducts Processing*, 96: 78-85.
- Pathania, S., Sing, B., Sharma, S., Sharma, V., Singla, S.,** 2013, Optimization of extrusion processing conditions for preparation of an instant grain base for use in weaning foods, *International Journal of Engineering Research and Applications*, 3(3): 1040-1049.
- Patino-Rodriguez, O., Bello-Perez, L.A., Flores-Silva, P.C., Sanchez-Rivera, M.M., Romero-Bastida, C.A.,** 2018, Physicochemical properties and metabolomic profile of gluten-free spaghetti prepared with unripe plantain flours, *Food Science and Technology*, 90: 297-302.
- Pavithra, K., Vadivukkarasi, S.,** 2015, Evaluation of free radical scavenging activity of various extracts of leaves from *Kedrostis foetidissima* (Jacq.) Cogn., *Food Sci. Hum. Well.* ,4(1): 42-46.
- Paznocht, L., Buresova, B., Kotikova, Z., Martinek, P.,** 2021, Carotenoid content of extruded and puffed products made of colored-grain wheats, *Food Chemistry*, 340: 127-951.
- Petitot, M., Boyer, L., Minier, C., Micard, V.,** 2010, Fortification of pasta with split pea and faba bean flours: pasta processing and quality evaluation, *Food Research International*, 43(2): 634-641.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Potter, R., Stojceska, V., Plunkett, A.,** 2013, The use of fruit powders in extruded snacks suitable for Children's diets, *Food Science and Technology*, 51: 537-544.
- Rajesvari, G., Susanna, S., Prabhasankar, P., Venkateswara-Rao, G.,** 2013, Influence of onion powder and its hydrocolloid blends on pasta dough, pasting, microstructure, cooking and sensory characteristics, *Food Bioscience*, 4: 13-20, doi: 10.1016/j.fbio.2013.07.004.
- Ramachandra rao, H., G., Thejaswini, M., L.,** 2015, Extrusion Technology: A Novel Method of Food Processing, *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, 2 (4). ISSN: 2348-7968.
- Ramirez-Jimenez, A., K., Gaytan-Martinez, M., Morales-Sanchez, Loarca-Pina, G.,** 2018, Functional properties and sensory value of snack bars added with common bean flour as a source of bioactive compounds, *Food Science and Technology*, 89: 674-680.
- Rizvi, S.H., Paraman, I.,** 2015, Extrusion of Agro-food industry byproducts and protein concentrates into value-added foods. United States Patent Application Publication, Pub.No.: US 2015/0282507 A1., Pub. Date: Oct 8, 2015.
- Rodriguez-Miranda, J., Ruiz-Lopez, I., I., Herman-Lara, E., Martinez-Sanchez, C., E., Delgado-Licon, E., Vivar-Vera, M., A.,** 2011, Development of extruded snacks using taro (*colocasia esculenta*) and nixtamalized maize (*zea mays*) flour blends, *Food Science and Technology*, 44 (3): 673-680.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Rosentrater, Kurt, A., Evers, A., D.**, 2018, Extrusion processing of pasta and other products. *Food Science, Technology and Nutrition*, 5: 657-698. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100529-3.00010-4>.
- Saalia, F., K., Phillips, R., D.**, 2011, Degradation of aflatoxins by extrusion cooking: effects on nutritional quality of extrudates, *Food Science and Technology*, 44(6): 1496-1501.
- Sant'Anna, V., Christiano, F., D., P., Marczak, L., D., F., Tessaro, I., C., Thys, R., C., S.**, 2014, The effect of the incorporation of grape marc powder in fettuccini pasta properties, *Food Sci Technol.*, 58: 497–501. doi: 10.1016/j.lwt.2014.04.008.
- Sarıçam, A.**, 2014, Üzüm Çekirdeği Ekstraktlarının Antioksidan ve Antimikrobiyal Özelliklerinin Belirlenmesi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Sawant, S.S., Thakor, N.J., Swami, S.B.**, 2015, Application of Extrusion Cooking Technology In Food Industry. *International Journal of Processing and Post Harvest Technology*, 6(2): 177-183, doi: 10.15740/HAS/IJPPHT/6.2/177-183.
- Sharma, R., Srivastava, T., Saxena, D. C.**, 2016, Development of nutritious snack from rice industry waste using twin screw extrusion, MATEC Web of Conferences 57,04006.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Shaviklo, A.R., Azaribeh, M., Moradi, Y., Zangeneh, P.,** 2015, Formula optimization and storage stability of extruded puffed corn-shrimp snacks, *Food Science and Technology*, 63:307-314.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.093>
- Shih, M. C., Kuo, C. C., Chiang, W.,** 2009, Effects of drying and extrusion on colour, chemical composition, antioxidant activities and mitogenic response of spleen lymphocytes of sweet potatoes, *Food Chemistry*, 117(1): 114-121.
- Silva, E., Sagis, L.M.C., Van der Linden, E., Scholten, E.,** 2013, Effect of matrix and particle type on rheological, textural and structural properties of broccoli pasta and noodles, *Journal of Food Engineering*, (119) 94-103.
- Simons, C., W., Hall, C., Tulbek, M., Mendis, M., Heck, T., Ogunyemi, S.,** 2014, Acceptability and characterization of extruded pinto, navy and black beans, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95: 2287-2292.
- Slinkard, K., Singleton, V., L.,** 1977, Total Phenol Analyses: Automation and Comparison with Manual Methods, *American Journal of Enology and Viticulture*, 28: 49-55.
- Sobowale, S.S., Animashaun, O.H., Mulaba-Bafubiandi, A.F., Abidoye, T.S., Kewuyemi, Y.O., Adebo, O.Y.,** 2018, Process optimization of extrusion variables and its effect on properties of extruded cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*) noodles. *Food Science and Nutrition*, 1-17.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Spinelli, S., Padalino, L., Costa, C., Nobile, M.A.D., Conte, A., 2019, Food by-products to fortified pasta:A new approach for optimization, *Journal of Cleaner Production*, 215: 985-991.

Sukumar, A., Athmaselvi, K.A., 2019, Optimization of process parameters for the development of finger millet based multigrain extruded snack food fortified with banana powder using RSM, *Journal of Food Science and Technology*, 56(2): 705-712.

Surasani, V.K.R., 2016, Application of food extrusion process to develop fish meat-based extruded products, *Food Engineering Reviews*, 8:448-456. doi:10.1007/s12393-016-9148-0.

Tacer Caba, Z., 2015, Functional Properties and Quality Parameters of Grape Extract Powder Substituted Bread and Extruded Products, Istanbul Technical University, Graduate School of Science Engineering and Technology, Department of Food Engineering, Ph. D. Thesis.

Tazart, K., Zaidi, F., Salvador, A., Monika Haros, C., 2019, Effect of broad bean (*Vicia faba*) addition on starch properties and texture of dry and fresh pasta, *Food Chemistry*, 278: 476-481.

Tiğa, B. H., 2018, Düşük Yağ İçerikli Tüketime Hazır Erişte Üretimi ve Teknolojik Özelliklerinin İncelenmesi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İzmir, Türkiye, 100 s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Topuz, O.K., Gokoğlu, N., Jouppila, K., Kirjoranta, S.,** 2017, Development of Extruded Shrimp-Corn Using Response Surface Methodology, *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 17: 333-343.
- Torres-Leon, C., Ramires-Guzman, N., Londono-Hernandez, L., Martinez-Medina, G.A., Diaz-Herrera, R., Navarro-Macias, V., Alvarez-Perez, O.B., Picazo, B., Villarreal-Vazquez, M., Ascacio-Valdez, J., Aguilar, C.N.,** 2018, Food waste and by-products: an opportunity to minimize malnutrition an hunger in developing countries, *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2(52): 1-17, doi: 10.3389/fsufs.2018.00052.
- Twum, L.A., Pare, A.,** 2018, Development and Optimization of the Physical and Functional Properties of Extruded Products, *Current Journal of Applied Science and Technology*, 29(2): 1-11. ISSN: 2457-1024.
- Van Boekel, M., Fogliano, V., Pellegrini, N., Stanton, C., Scholz, G., Lalljie, S., Somoza, V., Knorr, D., Jasti, P., R., Eisenbrand, G.,** 2010, A review on the beneficial aspects of food processing, *Molecular Nutrition & Food Research*, 54(9).
- Vignola, M., B., Bustos, M., C., Perez, G., T.,** 2018, Comparison of quality attributes of refined and whole wheat extruded pasta, *Food Science and Technology*, 89: 329-335.
- Waldron, K.,** 2007, *Handbook of Waste Management and Co-product in Food Processing*, 305-377, eBook ISBN: 9781845692520, Published Date:31.03.2007.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Wang, L., Duan, W., Zhou, S., Qian, H., Zhang, H., Qi, X.,** 2016, Effects of extrusion conditions on the extrusion responses and the quality of brown rice pasta, *Food Chemistry*, 204: 320-325.
- Wang, N., Maximiuk, L., Toews, R.,** 2012, Pea starch noodles: Effect of processing variables on characteristics and optimisation of twin-screw extrusion process, *Food Chemistry*, 133: 742-753.
- Wang, Y., Li, D., Wang, L.J., Chiu, Y.L., Chen, X.D., Mao, Z.H., Song, C.F.,** 2008, Optimization of extrusion of flaxseeds for in vitro protein digestibility analysis using response surface methodology, *Journal of Food Engineering*, 85: 59-64.
- Wang, Y., Zhang, X., Chen, G., Yu, J., Yang, L., Gao, Y.,** 2016, Antioxidant property and their free, soluble conjugate and insoluble-bound phenolic contents in selected beans, *Journal of Functional Foods*, (24): 359-372.
- Wani, S.A., Kumar, P.,** 2016, Development and parameter optimization of health promoting extrudate based on fenugreek oat and pea, *Food Bioscience*, 14: 34-40. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbio.2016.02.002>.
- Wood, J., A.,** 2009, Texture, processing and organoleptic properties of chickpea-fortified spaghetti with insights to the underlying mechanisms of traditional durum pasta quality, *Journal of Cereal Science*, 49(1), 128-133.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Xu, K., Guo, M., Roman, L., Pico, J., Martinez, M., M., 2020, Okra seed and seedless pod: Comparative study of their phenolics and carbohydrate fractions and their impact on bread-making, *Food Chemistry*, 317: 1-10.

Yolmeh, M., Jafari, S.M., 2017, Applications of Response Surface Methodology in the Food Industry Processes, *Food Bioprocess Technology*, 10: 413-433, doi: 10.1007/s11947-016-1855-2.

Yuan, Q., He, Y., Xiang, P., Y., Huang, Y., J., Cao, Z., C., Shen, S., W., Zhao, L., Zhang, Q., Qin, W., Wu, D., T., 2020, Influences of different drying methods on the structural characteristics and multiple bioactivities of polysaccharides from okra (*Abelmoschus esculentus*), *International Journal of Biological Macromolecules*, (147): 1053-1063.

Zoral, F., B., 2013, Çeşitli Gıda Atıklarının Toplam Fenolik Madde İçeriğinin, Antioksidan ve Antimikrobiyal Etkilerinin Araştırılması, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitimim boyunca benden desteğini, bilgi ve tecrübelerini esirgemeyip, bana yol gösteren kıymetli hocam, danışmanım Prof. Dr. Şebnem TAVMAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Yaptığım çalışmalarda bana yardımcı olan, desteğini hep hissettiğim Doç. Dr. Seher KUMCUOĞLU'na teşekkürlerimi sunarım. Eğitimimde her aşamada bana tecrübesi ve bilgi birikimi ile yardımcı olan, benden desteğini esirgemeyen başta Burcu Havva TIĞA olmak üzere, kıymetli çalışma arkadaşlarım Merve VATANSEVER, Zeynep ATAĞ, Ebru ORMANLI ve Özge ATA'ya anlayışları ve destekleri için çok teşekkür ederim.

Bana yüksek lisans yapma şansı veren kıymetli Konak İlçe Tarım ve Orman Müdürü'm Mustafa AKARCA'ya bu süreç boyunca olan desteği için çok teşekkür ederim.

Gerek iş gerekse tüm eğitim ve okul hayatım boyunca hep arkamda olan, benim için ellerinden gelen her şeyi yapan, biricik aileme, canım annem ve babama sabır ve emekleri için teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca bana can yoldaşlığının yanısıra meslek arkadaşım olarak da hiçbir zaman ilgi ve sevgisini esirgemeyip, yanımda olan sevgili eşim Ömer CUMHUR'a varlığı için teşekkür ederim.

26/ 01/ 2021

Ayşe Merve CUMHUR

ÖZGEÇMİŞ

Sivas Fen Lisesi'nden 2012 yılında mezun olmuştur. 2012 - 2017 yılları arasında Hacettepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimini tamamlamıştır. 2016 KPSS B-Lisans Sınavında Türkiye 1.'si olarak 2017 yılı Eylül ayında İzmir Tarım ve Orman Müdürlüğü- Konak İlçe Tarım ve Orman ve Müdürlüğü'ne atanmış ve Gıda Mühendisi unvanı ile göreve başlamıştır. 2018 ve 2020 yıllarında FAO (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü) ile işbirliği halinde projeler (OSRO/TUR/702/HCR; OSRO/TUR/002/JPN) yürütmüş ve eğitimlik yapmıştır. 2018 yılında Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında lisansüstü eğitimine başlamıştır.