



**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**ÜÇ BOYUTLU BASKISI YAPILABİLİR
LOR BAZLI ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ FONKSİYONEL
ÜRÜN ÜRETİMİ VE KARAKTERİZASYONU**

Doktora Tezi

Serdar KILIÇ

Danışman
Prof. Dr. Hasan TEMİZ

SAMSUN
2023

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**



**ÜÇ BOYUTLU BASKISI YAPILABİLİR
LOR BAZLI ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ FONKSİYONEL
ÜRÜN ÜRETİMİ VE KARAKTERİZASYONU**

Doktora Tezi

Serdar KILIÇ

Danışman

Prof. Dr. Hasan TEMİZ

Bu çalışma Ondokuz Mayıs Üniversitesi tarafından PYO.MUH.1904.21.020 proje numarası ile desteklenmiştir.

SAMSUN
2023

TEZ KABUL VE ONAYI

Serdar KILIÇ tarafından, Prof. Dr. Hasan TEMİZ danışmanlığında hazırlanan “ÜÇ BOYUTLU BASKISI YAPILABİLİR LOR BAZLI ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ FONKSİYONEL ÜRÜN ÜRETİMİ VE KARAKTERİZASYONU” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 10.07.2023 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	Sonuç
Başkan	Prof. Dr. Zekai TARAKÇI Ordu Üniversitesi Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Prof. Dr. Fehmi YAZICI Ondokuz Mayıs Üniversitesi Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Prof. Dr. Hasan TEMİZ Ondokuz Mayıs Üniversitesi Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Prof. Dr. Yıldray TOPCU Ondokuz Mayıs Üniversitesi Kimya Mühendisliği Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Doç. Dr. Oğuz AYDEMİR Çankırı Karatekin Üniversitesi Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

Prof. Dr. Ahmet TABAK
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Doktora tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi ?

Evet ☐

Hayır ☒

10/07/2023
Serdar KILIÇ

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı: ÜÇ BOYUTLU BASKISI YAPILABİLİR LOR BAZLI ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ FONKSİYONEL ÜRÜN ÜRETİMİ VE KARAKTERİZASYONU

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 03/07/2023 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 9

Tek kaynak oranı : % 1 çıkmıştır.

03/07/2023
Prof. Dr. Hasan TEMİZ

ÖZET

ÜÇ BOYUTLU BASKISI YAPILABİLİR LOR BAZLI ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ FONKSİYONEL ÜRÜN ÜRETİMİ VE KARAKTERİZASYONU

Serdar KILIÇ

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Doktora, Temmuz/2023

Danışman: Prof. Dr. Hasan TEMİZ

“Aç ağzını, uçak geliyor!” Her kesimden insan çocukluğunda ebeveynleri tarafından en az bir kez dahi olsa bu ikna etme tabirini duymuşlardır. Peki, gelişen teknolojilerle birlikte bu kalıpların gerçekleşmesi artık mümkün mü? Küresel bir sorun haline gelen gıda atıklarının oluşturduğu çevre kirliliği ve günümüzde ekonomik zararların artması sebebiyle gıda atıklarının iyi bir şekilde yönetimi ve tekrar değerlendirilmesi sürdürülebilirliğin devamı için hem dünyada hem de ülkemizde giderek önem kazanan konulardan biridir. Çalışmamızda peynir işleme tesislerinin en önemli atığı olan peynir altı suyundan lor, meyve işleme tesislerinin yan atığı olan kabuklardan ise nar ve portakal kabuğu ekstraktları üretilerek duyuusal yönden albenisi yüksek, üç boyutlu yazıcıda basılabilir, zenginleştirilmiş ve fonksiyonel gıda formülasyonu geliştirilmiş ve son zamanlarda gıdaların tüketiminde alternatif bir çözüm yolu olabileceği gündemde olan Üç Boyutlu (3B) gıda yazıcısında baskısı alınarak tüketim alışkanlığına farklı bir perspektif kazandırma yoluna gidilmiştir. Çalışmamızın ilk aşamasında formülasyonun zenginleştirilip geliştirilmesinde Yanıt Yüzey Yöntemi kullanılmıştır. Faktörler ksantan gam, mısır nişastası, krema ve bal miktarı; alt ve üst limitler görüntü işleme ve baskı puanı değerleri; yanıtlar ise sıklık, sürülebilirlik, yapışkanlık, tutunabilirlik ve viskozite sonuçları incelenerek optimizasyon çalışmaları yapılmıştır. Çalışmamızın son aşamasında ise optimize edilen 3B baskısı yapılabilir lor bazlı formülasyona fonksiyonelliği artırmak için antioksidan ve fenolik bileşenlerce zengin nar ve portakal kabuğu ekstraktları bileşime farklı oranlarda ilave edilmiş ve üç boyutlu gıda yazıcısında uçak modeli baskıları gerçekleştirilmiştir. Baskılar fizikokimyasal özellikler, toplam fenolik madde içeriği, antioksidan kapasitesi, amino asit kompozisyonu, aroma bileşimi, mikro yapı ve duyuusal yönden incelenmiştir. Yapılan analizlerin sonucunda % 1.1 nar ve portakal kabuğu ekstrakt karışımı içeren lor bazlı zenginleştirilmiş fonksiyonel formülasyon üretilebilir nitelikte bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: 3B Gıda baskısı, Gıda atıkları, Fonksiyonel gıda, Peynir altı suyu, Lor, Nar kabuğu ekstraktı, Portakal kabuğu ekstraktı, Katmanlı imalat, Eklemeli üretim

ABSTRACT

PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF 3D PRINTABLE LOR (TURKISH WHEY CHEESE) BASED ENRICHED FUNCTIONAL PRODUCT

Serdar KILIÇ

Ondokuz Mayıs University

Institute of Graduate Studies

Department of Food Engineering

Ph.D., July/2023

Supervisor: Prof. Dr. Hasan TEMİZ

“Open your mouth, the plane is coming!” People from all walks of life have heard persuasive sentence from their parents at least once in their childhood. Well, with the developing technologies, is it possible for these phrase to come true anymore? Due to environmental pollution caused by food waste, which has become global problem, and the increase in economic losses today, good management and re-evaluation of food waste is one of the issues that are becoming increasingly important both in the world and in our country for the continuation of sustainability. In our study, lor (Turkish whey cheese) is produced from whey, which is the most important waste of cheese processing factory, pomegranate and orange peel extracts, which is side waste of fruit processing factory, and three-dimensional printable, enriched and functional food formulation with high sensory appeal has been developed and alternative for food consumption. It has been tried to gain different perspective to consumption habit by printing it on Three-Dimensional (3D) food printer, which is on the agenda as solution, recently. In the first phase of our study, Response Surface Method was used to enrich and develop the formulation. Factors amount of xanthan gum, corn starch, cream and honey; lower and upper limits image processing and print score values; optimization studies were carried out by examining values of firmness, work of shear, stickiness, work of adhesion and viscosity. In the last stage of our study, in order to increase the functionality of optimized 3D printable lor-based formulation, pomegranate and orange peel extracts rich in antioxidant and phenolic components were added to composition in different ratios, airplane model printing was carried out on three-dimensional food printer. The printed formulations were examined in terms of physicochemical properties, total phenolic content, antioxidant capacity, amino acid composition, aroma composition, microstructure and sensory analyzes. Result of the analyzes made, lor-based enriched functional formulation containing % 1.1 pomegranate and orange peel extract mixture was found to be producible.

Keywords: 3D Food printing, Food waste, Functional food, Whey, Lor (Turkish whey cheese), Pomegranate peel extract, Orange peel extract, Additive manufacturing

ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Her daim fikirleri ve yönlendirmeleri ile akademik ilerlememe katkı sağlayan, bölüm laboratuvarlarını kullanmama izin veren, çalışmamın her aşamasında destek olan kıymetli danışmanım Gıda Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof. Dr. Hasan TEMİZ'e,

Tezimin geliştirilmesi amacıyla bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşarak tezime katkıda bulunan tez izleme komitesi üyeleri değerli hocalarım Prof. Dr. Fehmi YAZICI ve Prof. Dr. Yıldray TOPCU'ya,

Tez savunma sınavıma gelerek değerli zamanlarını ayırıp tezimin gelişmesine katkıda bulunan Sayın Prof. Dr. Zekai TARAKÇI ve Sayın Doç. Dr. Oğuz AYDEMİR'e,

Öğretim Görevlisi olarak çalıştığım Terme Meslek Yüksek Okulu'ndaki laboratuvarlarda çalışma izni veren Okul Müdürümüz Doç. Dr. Erol TERZİ'ye,

Tez verilerimin istatistiksel analizleri konusunda katkı sunan Fen Edebiyat Fakültesi İstatistik Bölüm Başkanı Prof. Dr. Yüksel TERZİ'ye,

Yurtdışında staj yapma olanağı sunan Uluslararası İlişkiler birimine, Erasmus+ programı kapsamında İspanya'nın Barcelona şehrinde bulunan Natural Machines firmasında benimle üç ay boyunca ilgilenen sayın Emilio SEPULVEDA ve ekibine,

Üç boyutlu baskı teknolojisi konusunda yardımları bulunan Mühendislik Fakültesi Araş. Gör. Dr. Hasan BAŞ ve Dr. Öğr. Üyesi Onur YONTAR, Fen Edebiyat Fakültesi Öğr. Gör. Kazım CANBULAT, kuzenim Suat COŞKUN, Şerif YAŞAR ve Selahattin KARACA'ya,

Analizlerimde gereksinim duyduğum kimyasal ve sarf malzemelerin alımı için PYO.MUH.1904.21.020 numaralı Bilimsel Araştırma Projesini destekleyen Proje Yönetim Ofisine,

Laboratuvar çalışmalarımda yardım ve desteklerinden dolayı Gıda Mühendisliği Bölüm akademisyenlerine ve son olarak bana maddi ve manevi her konuda destek veren aileme yürekten sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Serdar KILIÇ

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI.....	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI.....	ii
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI.....	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
TABLolar DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ÖZETLERİ.....	4
2.1. Gıda Atıklarının Endüstride Değerlendirme Olanakları.....	4
2.1.1. Sütçülük Atıklarının Değerlendirilmesi.....	4
2.1.2. Nar ve Portakal Atıklarının Değerlendirilmesi.....	5
2.2. Üç Boyutlu Gıda Baskı Teknolojisi.....	17
2.2.1. Gıda Alanında Üç Boyutlu Yazıcıların Yeri ve Önemi.....	17
2.2.2. Gıda Alanında Üç Boyutlu Yazıcıların Avantaj ve Dezavantajları.....	22
2.2.3. Üç Boyutlu Gıda Baskısında Kullanılan Metotlar.....	24
2.2.4. Süt Ürünlerinde Üç Boyutlu Gıda Baskı Uygulamaları.....	37
2.3. Gıda Bileşenlerinin Ürün Reolojisine Etkileri.....	52
2.3.1. Ksantan Gaminin Ürün Reolojisine Etkisi.....	54
2.3.2. Mısır Nişastasının Ürün Reolojisine Etkisi.....	59
2.3.3. Kremanın Ürün Reolojisine Etkisi.....	62
2.3.4. Balın Ürün Reolojisine Etkisi.....	65
2.3.5. Zeytinyağının Ürün Reolojisine Etkisi.....	68
2.4. Yanıt Yüzey Yöntemi (RSM).....	72
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	75
3.1. Materyal.....	75
3.1.1. Lor Üretimi İçin Kullanılan Materyaller.....	75
3.1.2. Üç Boyutlu Baskısı Yapılabilir Zenginleştirilmiş Fonksiyonel Lor Bazlı Ürün Elde Etmek İçin İlave Edilen Yardımcı Maddeler.....	75
3.2. Yöntem.....	76
3.2.1. Peynir Altı Suyundan Lor Üretimi.....	76
3.2.2. Lor Peynirinin Kurutularak Lor Tozu Elde Edilmesi.....	78
3.2.3. Deney Tasarımı.....	79
3.2.4. Zenginleştirilmiş Lor Bazlı Formülasyon Üretimi.....	80
3.2.5. Üç Boyutlu Gıda Yazıcısında Izgara (Grid) Modeli Baskısı.....	81
3.2.6. Yazdırılabilirliğin/Basilabilirliğin Optimum Şartlarının Belirlenmesi İçin Uygulanan Analizler.....	86
3.2.7. Optimizasyon ve Validasyon.....	90
3.2.8. Partikül Büyüklüğü Analizi.....	91
3.2.9. Dinamik Viskoelastik Yapı.....	91
3.2.10. Mikro Yapı (Taramalı Elektron Mikroskopisi).....	93
3.2.11. Nar ve Portakal Kabuğu Ekstraktı Üretimi.....	93
3.2.12. Zenginleştirilmiş Fonksiyonel Lor Bazlı Formülasyon Üretimi.....	97
3.2.13. Zenginleştirilmiş Fonksiyonel Lor Bazlı Formülasyonda ve Izgara Baskısında Yapılan Analizler.....	97
3.2.14. Üç Boyutlu Gıda Yazıcısında Uçak Modeli Baskısı.....	98
3.2.15. Üç Boyutlu Uçak Şeklinde Basılmış Üründe Yapılan Analizler.....	99

4. BULGULAR VE TARTIŞMA	107
4.1. Optimum Şartların Belirlenmesi İçin Uygulanan Analiz Sonuçları	107
4.1.1. Tekstür (Sürülebilirlik) Analizi	107
4.1.2. Viskozite Analizi	107
4.1.3. Görüntü İşleme (ImageJ)	109
4.1.4. Baskı Puanı (Printing Score)	122
4.1.5. Ksantan Gam, Mısır Nişastası, Krema ve Balın Tekstür (Sürülebilirlik) ve Viskozite Üzerine Etkisi ve Optimizasyonu	125
4.1.6. Partikül Büyüklüğü	134
4.1.7. Dinamik Viskoelastik Yapı	135
4.1.8. Mikro Yapı Görüntüleri	140
4.1.9. Optimize ve Valide Edilen Metodun Gerçek Formülasyona Uygulanması	145
4.2. Zenginleştirilmiş Fonksiyonel Lor Bazlı Formülasyonda ve Izgara Baskısında Yapılan Analiz Sonuçları	146
4.2.1. Reolojik özelliklerin belirlenmesi	146
4.2.2. Tekstür Analizi	151
4.2.3. Görüntü İşleme (ImageJ)	156
4.2.4. Baskı Puanı (Printing Score)	157
4.3. Zenginleştirilmiş Fonksiyonel Lor Bazlı Ürün Formülasyonunun Üç Boyutlu Gıda Yazıcısında Uçak Model Baskısının Analiz Sonuçları	163
4.3.1. Kuru Madde Miktarı	167
4.3.2. Protein Miktarı	168
4.3.3. Yağ Miktarı	170
4.3.4. Kül Miktarı	171
4.3.5. Toplam Karbonhidrat Miktarı	172
4.3.6. pH Değeri	174
4.3.7. Renk	176
4.3.8. Mikro Yapı Görüntüleri	179
4.3.9. Antioksidan Aktivitesi	183
4.3.10. Toplam Fenolik Madde Miktarı	188
4.3.11. Amino Asit Kompozisyonu	191
4.3.12. Aroma Bileşimi	192
4.3.13. Duyusal Analiz	195
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	214
KAYNAKLAR	224
EKLER	240
ÖZ GEÇMİŞ	286

SİMGELER VE KISALTMALAR

3B	: Üç Boyutlu
3BGB	: Üç Boyutlu Gıda Baskısı
3BGY	: Üç Boyutlu Gıda Yazıcısı
ABTS	: 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)
DIW	: Direct Ink Writing
dk	: Dakika
°C	: Santigrat Derece
CAD	: Computer Aided Design
CLSM	: Confocal Laser Scanning Microscopy
cP	: Centipoise
DLS	: Dynamic Light Scattering
DPPH	: 2,2-difenil-1-pikrihidrazil
DSC	: Differential Scanning Calorimetry
FAO	: Food and Agriculture Organization
FDA	: Food and Drug Administration
FDM	: Fused Deposition Modelling
FRAP	: Ferric Reducing Ability of Plasma
FTIR	: Fourier-transform Infrared Spectroscopy
g	: Yerçekimi İvmesi
GAE	: Gallik Asit Eşdeğeri
GC-MS	: Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrosu
HPLC	: Yüksek Basıncılı Sıvı Kromatografisi
kda	: Kilodalton
KİTAM	: Karadeniz İleri Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi
L	: Litre
LF-NMR	: Low Field Nuclear Magnetic Resonance
µl	: Mikrolitre
µm	: Mikrometre
µmol	: Mikromolar
M	: Molar

MAM	: Marmara Araştırma Merkezi
MANOVA	: Multivariate Analysis of Variance
mL	: Mililitre
mm	: Milimetre
MPa	: Megapascals
N	: Newton
N ₁	: % 1.1 nar kabuğu ekstraktı ilaveli formülasyon
N ₂	: % 2.2 nar kabuğu ekstraktı ilaveli formülasyon
N ₃	: % 3.2 nar kabuğu ekstraktı ilaveli formülasyon
NASA	: National Aeronautics and Space Administration
NP ₁	: % 1.1 nar + portakal kabuğu ekstraktı ilaveli formülasyon
NP ₂	: % 2.2 nar + portakal kabuğu ekstraktı ilaveli formülasyon
NP ₃	: % 3.2 nar + portakal kabuğu ekstraktı ilaveli formülasyon
P ₁	: % 1.1 portakal kabuğu ekstraktı ilaveli formülasyon
P ₂	: % 2.2 portakal kabuğu ekstraktı ilaveli formülasyon
P ₃	: % 3.2 portakal kabuğu ekstraktı ilaveli formülasyon
Pa	: Pascal
rpm	: Dakikada Devir
RSM	: Response Surface Methodology
s	: Saniye
SEM	: Scanning Electron Microscope
SLS	: Selective Laser Sintering
SPME	: Solid-Faz Mikroekstraksiyon
STL	: Stereolithography (Standard Tessellation/Triangle Language)
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
UHT	: Ultra High Temperature
UV	: Ultraviyole
WHC	: Water Holding Capacity
WPC	: Whey Protein Concentrate
WPI	: Whey Protein Isolate
Z veya % 0	: Kontrol (Ekstraksız lor bazlı formülasyon)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Portakal meyvesinin yatay kesit görüntüsü (Deveci, 2008).....	12
Şekil 2.2. Endüstri 4.0 ilkeleri ve teknolojileri (Pisz, 2020).....	17
Şekil 2.3. 3B gıda baskısının çeşitli imkan ve olanakları (Anandharamakrishnan vd., 2022).....	18
Şekil 2.4. Bilime dayalı pişmiş yiyecekler ile 3B gıda baskılarının entegrasyonu (Anandharamakrishnan vd., 2022).....	19
Şekil 2.5. 3B gıda baskısı ekosistemi (Anandharamakrishnan vd., 2022).....	20
Şekil 2.6. 3B gıda baskısının avantaj ve dezavantajları (Tomašević, 2021).....	23
Şekil 2.7. 3B gıda baskısında (FDM) kullanılan mekanizma çeşitleri (Sun vd., 2018)	24
Şekil 2.8. Ekstrüzyon tabanlı 3B baskı (Anandharamakrishnan vd., 2022)	25
Şekil 2.9. Yazdırılamaz hammaddelerin basılabilir hale getirilme aşamaları (Anandharamakrishnan vd., 2022)	26
Şekil 2.10. Farklı itişli ekstrüzyon çeşitleri (Anandharamakrishnan vd., 2022).....	28
Şekil 2.11. Seçici lazer sinterleme tabanlı 3B baskı (Anandharamakrishnan vd., 2022)	31
Şekil 2.12. Malzeme püskürtme tabanlı baskı (Anandharamakrishnan vd., 2022).....	33
Şekil 2.13. Bağlayıcı püskürtme tabanlı 3B baskı (Anandharamakrishnan vd., 2022).....	35
Şekil 2.14. Ekstrüzyon esaslı biyobasım (Anandharamakrishnan vd., 2022).....	36
Şekil 2.15. Farklı oranlarda süt protein konsantresi ve peynir altı suyu izolatu içeren karışımlardan yapılmış baskıların görüntüleri (Liu vd., 2018)	38
Şekil 2.16. Farklı protein içeriğine sahip süt proteini jellerinden hazırlanan baskıların görüntüleri (Liu vd., 2019a).....	39
Şekil 2.17. Farklı gıda formülasyonlarının baskı esnasındaki görüntüleri (Nijdam vd., 2021)	45
Şekil 2.18. Farklı WPI/MT konsantrasyonunun baskı esnasındaki görüntüleri (Bareen vd., 2021).....	46
Şekil 2.19. Sabit nozül hareketine sahip peynir baskısı ile kalibre edilmiş nozül hareketine sahip peynir baskısının karşılaştırılması (Ma vd., 2023)	47
Şekil 2.20. Kompozit süt ürünleri bazlı formülasyonların basılabilirliğinin ilk taraması (Joshi vd., 2021).....	48
Şekil 2.21. Laktoz/WPI kompozit karışımları kullanılarak 3B yazdırılmış örnekler (Fan vd., 2022).....	49
Şekil 2.22. a) pH 5.4 peynir baskısı, b) pH 5.6 peynir baskısı, c) pH 5.8 peynir baskısı (Ross vd., 2021).....	51
Şekil 2.23. a) Yalnızca taze peynir pıhtısı içeren baskılı peynir, b) 1-2 ay olgunlaşmış Çedar peyniri baskısı, c) % 25 (1-2 ay olgunlaşmış) ve % 75 (6-8 ay olgunlaşmış) Çedar peyniri karışımı baskısı (Ross vd., 2021)	51
Şekil 3.1. Yöntem şeması	77
Şekil 3.2. Lor peynirinden lor tozu üretimi	78
Şekil 3.3. Zenginleştirilmiş lor bazlı formülasyon üretiminde uygulanan işlemler	80
Şekil 3.4. Creality Ender 3 Pro marka üç boyutlu yazıcı	83

Şekil 3.5. Autodesk Fusion 360 programında tasarlanan ızgara modeli	84
Şekil 3.6. Farklı katman yüksekliklerinde baskı durumu (Godoi vd., 2019).....	85
Şekil 3.7. Tekstür (Sürülebilirlik) analiz çıktılarının grafik üzerinde gösterimi	86
Şekil 3.8. A = 50 mm ² ızgara (grid) yapısının CAD çizimi, B = 20 mm silindirin CAD çizimi, C = ImageJ analiz yazılımının 'Find Edges' fonksiyonu örneği (Ross vd., 2021)	87
Şekil 3.9. Nozülde akış (ekstrüzyon) durumu.....	90
Şekil 3.10. Yatay ekstrüzyon özellikleri.....	92
Şekil 3.11. Kabuk ekstraktı üretilirken uygulanan işlemler.....	94
Şekil 3.12. Nar kabuğu ekstraktı üretimi	95
Şekil 3.13. Portakal kabuğu ekstraktı üretimi	96
Şekil 3.14. Autodesk Fusion 360 programında tasarlanan uçak modeli	98
Şekil 4.1. ImageJ yazılımında 'Find Edges' fonksiyonu (10 nolu deney örneği)	109
Şekil 4.2. 29 adet zenginleştirilmiş lor bazlı formülasyonun ızgara baskısının üstten görünüşleri	110
Şekil 4.3. Ksantan gam, mısır nişastası, krema ve bal miktarının sıklık yanıtı üzerine etkisini gösteren yanıt yüzey grafikleri.....	127
Şekil 4.4. Ksantan gam, mısır nişastası, krema ve bal miktarının sürülebilirlik yanıtı üzerine etkisini gösteren yanıt yüzey grafikleri	128
Şekil 4.5. Ksantan gam, mısır nişastası, krema ve bal miktarının yapışkanlık yanıtı üzerine etkisini gösteren yanıt yüzey grafikleri	129
Şekil 4.6. Ksantan gam, mısır nişastası, krema ve bal miktarının tutunabilirlik yanıtı üzerine etkisini gösteren yanıt yüzey grafikleri	130
Şekil 4.7. Ksantan gam, mısır nişastası, krema ve bal miktarının viskozite yanıtı üzerine etkisini gösteren yanıt yüzey grafikleri	131
Şekil 4.8. Partikül büyüklüğü sonuçları	134
Şekil 4.9. 17 nolu deney örneğine ait G' ve G" değerleri	136
Şekil 4.10. 13 nolu deney örneğine ait G' ve G" değerleri.....	137
Şekil 4.11. 9 nolu deney örneğine ait G' ve G" değerleri	137
Şekil 4.12. 5 nolu deney örneğine ait G' ve G" değerleri	138
Şekil 4.13. 15 nolu deney örneğine ait G' ve G" değerleri.....	138
Şekil 4.14. Optimize (Z nolu) nolu deney örneğine ait G' ve G" değerleri.....	139
Şekil 4.15. % 0 (Z, ekstraksız) formülasyona ait G' ve G" değerleri	147
Şekil 4.16. % 1.1 Nar kabuğu ekstraktı ilaveli (N1) formülasyona ait G' ve G" değerleri ...	148
Şekil 4.17. % 2.2 Nar kabuğu ekstraktı ilaveli (N2) formülasyona ait G' ve G" değerleri ...	148
Şekil 4.18. % 3.2 Nar kabuğu ekstraktı ilaveli (N3) formülasyona ait G' ve G" değerleri ...	148
Şekil 4.19. % 1.1 Portakal kabuğu ekstraktı ilaveli (P1) formülasyona ait G' ve G" değerleri.....	149
Şekil 4.20. % 2.2 Portakal kabuğu ekstraktı ilaveli (P2) formülasyona ait G' ve G" değerleri.....	149

Şekil 4.21. % 3.2 Portakal kabuğu xekstraktı ilaveli (P3) formülasyona ait G' ve G" değerleri	149
Şekil 4.22. % 1.1 Nar + Portakal kabuğu ekstraktı ilaveli (NP1) formülasyona ait G' ve G" değerleri	150
Şekil 4.23. % 2.1 Nar + Portakal kabuğu ekstraktı ilaveli (NP2) formülasyona ait G' ve G" değerleri	150
Şekil 4.24. % 3.2 Nar + Portakal kabuğu ekstraktı ilaveli (NP3) formülasyona ait G' ve G" değerleri	150
Şekil 4.25. Baskı öncesi ve sonrasında renk puanı arasındaki ilişkiye ait grafik.....	204
Şekil 4.26. Baskı öncesi ve sonrasında görünüş puanı arasındaki ilişkiye ait grafik	207
Şekil 4.27. Baskı öncesi ve sonrasında tat puanı arasındaki ilişkiye ait grafik.....	209
Şekil 4.28. Baskı öncesi ve sonrasında yapı puanı arasındaki ilişkiye ait grafik	211
Şekil 4.29. Baskı öncesi ve sonrasında genel kabul edilebilirlik puanı arasındaki ilişkiye ait grafik	213

TABLÖLER DİZİNİ

Tablo 2.1. Türkiye'nin yıllara göre nar üretim miktarları (TÜİK, 2022b).....	8
Tablo 2.2. Nar bitkisinin kısımları ve bulunan bileşenler (Elaltunkara, 2018).....	9
Tablo 2.3. Reolojide kullanılan bazı terimler ve açıklamaları (Kaşgöz, 2012).	53
Tablo 3.1. Optimizasyonda kullanılan Central Composite Design 29 adet deneme planı	79
Tablo 3.2. Bazı firmaların piyasaya sürdüğü üç boyutlu gıda yazıcıları (Godoi vd., 2019)...	82
Tablo 3.3. Üç boyutlu baskı işlem parametreleri.	85
Tablo 3.4. Baskı Puanı (Printing Score) Özellikleri.....	89
Tablo 3.5. Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyona ait duyuşal değeriendirme formu	104
Tablo 3.6. Uçak modeli baskısına ait duyuşal değeriendirme formu	105
Tablo 4.1. Optimum şartların belirlenmesi için uygulanan analiz sonuçları	108
Tablo 4.2. 29 adet zenginleştirilmiş lor bazlı formülasyonun görüntü işleme sonuçları.....	111
Tablo 4.3. 29 adet zenginleştirilmiş lor bazlı formülasyonun ızgara baskısının farklı açılardan görüntüleri ve video kayıtları.	112
Tablo 4.4. Baskı puanı (Printing score) sonuçları.....	123
Tablo 4.5. Alt ve üst limit belirleme tablosu	125
Tablo 4.6. Her bir yanıt üzerine bağımsız değışkenlerin etkileri.	132
Tablo 4.7. Tahmin edilen değerieler, deneysel veriler ve relative errors'lar.....	133
Tablo 4.8. Mikro yapı görüntüleri.....	141
Tablo 4.9. Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyonların viskozite sonuçları (Pa.s).....	146
Tablo 4.10. Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyonların Sıkılık sonuçları (g)	151
Tablo 4.11. Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyonların Sürülebilirlik sonuçları (g.s).....	152
Tablo 4.12. Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyonların Yapışkanlık sonuçları (g).....	153
Tablo 4.13. Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyonların Tutunabilirlik sonuçları (g.s).....	155
Tablo 4.14. Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyonun ızgara baskısında görüntü işleme (ImageJ) sonuçları	156
Tablo 4.15. Baskı puanı (printing score) sonuçları	157
Tablo 4.16. Zenginleştirilmiş lor bazlı formülasyonun (ekstraksız, kontrol) ızgara baskısının farklı açılardan görüntüleri ve video kaydı.....	159
Tablo 4.17. Nar kabuğı ekstraktı (% 1.1, % 2.2 ve % 3.2) ilaveli lor bazlı formülasyonun ızgara baskısının farklı açılardan görüntüleri ve video kayıtları.....	160
Tablo 4.18. Portakal kabuğı ekstraktı (% 1.1, % 2.2 ve % 3.2) ilaveli lor bazlı formülasyonun ızgara baskısının farklı açılardan görüntüleri ve video kayıtları..	161
Tablo 4.19. Nar + portakal kabuğı ekstraktı (% 1.1, % 2.2 ve % 3.2) ilaveli lor bazlı formülasyonun ızgara baskısının farklı açılardan görüntüleri ve video kayıtları..	162

Tablo 4.20. Zenginleştirilmiş lor bazlı formülasyonun (ekstraksız, kontrol) üç boyutlu uçak modeli baskısının görüntüleri ve video kaydı	163
Tablo 4.21. Nar kabuğu ekstraktı (% 1.1, % 2.2 ve % 3.2) ilaveli üç boyutlu uçak modeli baskılarının görüntüleri ve video kayıtları	164
Tablo 4.22. Portakal kabuğu ekstraktı (% 1.1, % 2.2 ve % 3.2) ilaveli üç boyutlu uçak modeli baskılarının görüntüleri ve video kayıtları	165
Tablo 4.23. Nar + portakal kabuğu ekstraktı (% 1.1, % 2.2 ve % 3.2) ilaveli üç boyutlu uçak modeli baskılarının görüntüleri ve video kayıtları	166
Tablo 4.24. Kuru madde miktarı sonuçları (%)	167
Tablo 4.25. Protein miktarı sonuçları (%)	168
Tablo 4.26. Yağ miktarı sonuçları (%)	170
Tablo 4.27. Kül miktarı sonuçları (%)	171
Tablo 4.28. Toplam karbonhidrat miktarı sonuçları (%)	172
Tablo 4.29. pH değeri sonuçları	174
Tablo 4.30. L* değeri sonuçları	176
Tablo 4.31. a* değeri sonuçları	177
Tablo 4.32. b* değeri sonuçları	178
Tablo 4.33. Mikro yapı görüntüleri	180
Tablo 4.34. DPPH yöntemi sonuçları (mM T/g)	183
Tablo 4.35. ABTS yöntemi sonuçları (mM T/g)	187
Tablo 4.36. Toplam fenolik madde miktarı sonuçları (mg GAE/100ml)	188
Tablo 4.37. Lor, lor tozu ve lor bazlı formülasyonun amino asit kompozisyon sonuçları ...	191
Tablo 4.38. Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyonun renk sonuçları	196
Tablo 4.39. Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyonun görünüş sonuçları	197
Tablo 4.40. Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyonun tat sonuçları	198
Tablo 4.41. Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyonun yapı sonuçları	200
Tablo 4.42. Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyonun genel kabul edilebilirlik sonuçları	201
Tablo 4.43. Uçak modeli baskısının renk sonuçları	202
Tablo 4.44. Baskı öncesi ve sonrasında renk puanı arasındaki ilişki	204
Tablo 4.45. Uçak modeli baskısının görünüş sonuçları	205
Tablo 4.46. Baskı öncesi ve sonrasında görünüş puanı arasındaki ilişki	206
Tablo 4.47. Uçak modeli baskısının tat sonuçları	207
Tablo 4.48. Baskı öncesi ve sonrasında tat puanı arasındaki ilişki	208
Tablo 4.49. Uçak modeli baskısının yapı sonuçları	209
Tablo 4.50. Baskı öncesi ve sonrasında yapı puanı arasındaki ilişki	211
Tablo 4.51. Uçak modeli baskısının genel kabul edilebilirlik sonuçları	212
Tablo 4.52. Baskı öncesi ve sonrasında genel kabul edilebilirlik puanı arasındaki ilişki	213

1. GİRİŞ

“Aç ağzını, uçak geliyor!” Her kesimden insanın çocukluğunda en az bir kez duyduğu cümle. Ebeveynler, yemek yeme zorluğu çeken çocuklarına yemek yemeyi eğlenceli hale getirmek için kaşık veya çataldaki besinleri havaya kaldırıp uçağa benzetmektedir. Peki, gelişen teknolojilerle birlikte bu kalıpların gerçekleşmesi artık mümkün mü?

Teknolojinin gelişmesiyle beraber insanların hayat tarzındaki değişiklikler yirmi birinci asırda beslenme alışkanlıklarının da farklılaşmasına neden olmaktadır. Geçtiğimiz son on yılda, tüketicilerin sağlıklı gıdaları tercih etmek istemesi önemli bir şekilde değişmektedir. Dolayısıyla tüketicilerin fonksiyonel gıdalara ulaşmak istemesine neden olmaktadır. Bireylerin yaşam kalitesini koruma talepleri ve her geçen gün bilinçlenmeleri fonksiyonel bileşenlerin önemini artırmıştır. Bu bileşenler üzerinde yapılan araştırmalar son senelerde önemli derecede çoğaldığı görülmektedir (Güler, 2011; Güzeler vd., 2017; İçyer, 2012; Kotilainen vd., 2006).

Fonksiyonel gıdalar; vücudun temel besin gereksinimlerini karşılamanın yanı sıra insan fizyolojisi ve metabolik fonksiyonları üzerinde ek faydalar sağlayan bileşenlerdir. Daha sağlıklı bir hayata erişmede ve hastalıklardan korunmada etkili olan gıda bileşenleri olarak tanımlanmaktadır (Güler, 2011; Kotilainen vd., 2006). Meyve suyu atıklarından elde edilen ekstraktlarının gıda sanayinde fonksiyonel bileşen olarak değerlendirilmesi uzun zamandır birçok çalışmaya konu olmuştur (Karaaslan vd., 2011; Tseng ve Zhao, 2013).

Küresel bir sorun haline gelen gıda atıklarının oluşturduğu çevre kirliliği, doğal kaynakların gün geçtikçe azalması, günümüzde toplumsal ve ekonomik zararların artması gıda atıklarının iyi bir şekilde yönetimi ve tekrar değerlendirilmesi sürdürülebilir kalkınmanın devamı için hem dünyada hem de ülkemizde giderek önem kazanan konulardan biridir (Kılınç-Şahin ve Bekar, 2018). Gıda kayıp ve atıklarının gıda üretiminin her aşamasında (hasat, işleme, depolama, sevkiyat, perakendecilik, hızlı veya yerinde toplu tüketim ve evsel tüketim) ortaya çıkan birçok nedenden kaynaklandığı belirtilmektedir (Songür ve Çakıroğlu, 2016). Çalışmamızda tercih edilen sütçülük atığı olan peynir altı suyu, meyve suyu atığı olan nar ve portakal kabukları potansiyel fonksiyonel özellikleriyle tekrar değerlendirilmesi gereken önemli gıda atıkları sınıfına girmektedirler.

Gıda atıklarının tekrar değerlendirilmesinde son zamanlarda alternatif bir çözüm yolu olabileceği gündeme gelen, ilk olarak “additive manufacturing”, “solid freeform fabrication” ve “rapid prototyping” adlarıyla da bilinen Üç Boyutlu (3B) yazıcı teknolojisi terimi ortaya çıkmıştır (Hull, 1986; Kodama, 1981). Bu üç kavram; seramik, metal, polimer vb. çeşitli materyallerin katmanlar halinde biriktirerek/serilerek istenilen yapılarda fiziksel geometriler oluşturulması şeklinde özetlenebilir. Malzeme bilimi ve teknolojisi alanında 3B yazıcı kavramı ortaya çıkmasından sonra akışkan davranış gösteren ve katmanlar üzerinde biriktirilebilen gıda hammaddelerinin bu teknoloji sayesinde farklı amaçlarda gıda üretimine de adapte edilebileceği fikri ortaya çıkmıştır (Godoi vd., 2016). Dolayısıyla çalışmamızda atıklar tekrar değerlendirilerek fonksiyonel özellikleriyle zenginleştirilebilen üç boyutlu baskısı yapılabilir lor bazlı ürün formülasyonları ortaya konularak bilhassa yemek yeme güçlüğü çeken çocukların ilgisini bu yöne çekmek amaçlanmıştır.

Bu amaçla çalışmamızın ilk aşamasında Fused Deposition Modelling (FDM) yazıcısı olan ve kartezyen çalışan Creality Ender 3 Pro (Shenzhen/Çin) marka üç boyutlu yazıcı satın alınmış, paslanmaz çelik şırınga hazneli gıda yazdırma başlığı temin edilerek üç boyutlu gıda yazıcısına dönüşümü sağlanmış ve sistem denenerek gıda yazdırmaya hazır hale getirilmiştir.

İkinci aşamada piyasadan toplanan peynir altı sularından lor peyniri üretimi gerçekleştirilmiş ve devamında emülsifiye edici tuz ilave etmeden ve homojenizasyon işlemi uygulamadan farklı yardımcı maddeler ve işlemler ile sürülebilir kıvamda lor bazlı karışımlar üretilmiştir. Daha sonra formülasyonun üç boyutlu gıda yazıcısında basılabilirliğin/yazdırılabilirliğin optimizasyonu için üretimde kullanılacak değişkenlere göre Yanıt Yüzey Yöntemi Central Composite Design deneme planı Design Expert 13 (deneme versiyonu) programı kullanılarak 29 model desen belirlenmiş ve üretimler bu model desene göre gerçekleştirilmiştir. Görüntü işleme değerleri ve baskı puanından alınan sonuçlara göre yanıtlarımız olan tekstür (sürülebilirlik) analizi ve viskozite değerlerinin alt ve üst limitleri belirlenerek optimizasyon yapılmıştır.

Üçüncü ve son aşamada ise optimize edilen yazdırılabilir lor bazlı formülasyona meyve suyu atıklarından (nar ve portakal kabuğu) elde edilen antioksidan ve fonksiyonel bileşenlerce zengin nar kabuğu ekstraktı bileşime % 1.1, % 2.2 ve % 3.2 oranında, portakal kabuğu ekstraktı bileşime % 1.1, % 2.2 ve % 3.2 oranında, nar ve portakal kabuğu ekstrakt karışımı (w/w: 1/1) bileşime % 1.1, % 2.2 ve % 3.2 oranında ilave edilerek 9 adet fonksiyonel ve yazdırılabilir lor bazlı formülasyonlar üretilmiştir. Üretilen karışımlar üç boyutlu gıda yazıcısında yazdırılarak uçak modeli baskısı gerçekleştirilmiştir. Baskılar fizikokimyasal özellikler, toplam fenolik madde içeriği, antioksidan kapasitesi, amino asit kompozisyonu, aroma bileşimi, mikro yapı ve duyuusal yönden incelenmiştir.



2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Gıda Atıklarının Endüstride Değerlendirme Olanakları

Küresel bir sorun haline gelen gıda atıklarının oluşturduğu çevre kirliliği, doğal kaynakların gün geçtikçe azalması, günümüzde toplumsal ve ekonomik zararların artması gıda atıklarının iyi bir şekilde yönetimi ve tekrar değerlendirilmesi sürdürülebilir kalkınmanın devamı için hem dünyada hem de ülkemizde giderek önem kazanan konulardan biridir (Kılınç-Şahin ve Bekar, 2018). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) İsveç Gıda ve Biyoteknoloji Enstitüsü tarafından ele alınan rapora göre, insanların tüketimi için üretilen bütün besin maddelerinin her sene 1/3'ü (yaklaşık 1.3 milyar ton gıda) israf ya da atık olarak kaybedilmektedir. Bu zayıat miktarı her yıl yaklaşık 1 trilyon doları bulmaktadır. Gıda kayıp ve atıklarının gıda üretiminin her aşamasında (hasat, işleme, depolama, sevkiyat, perakendecilik, hızlı veya yerinde toplu tüketim ve evsel tüketim) ortaya çıkan birçok nedenden kaynaklandığı belirtilmektedir. Hasat sonrası aşamalarda % 54'ünün; işleme, dağıtım ve tüketim aşamalarında ise % 46'sının toplam kayıp ve atık olarak meydana geldiği belirtilmektedir (Songür ve Çakıroğlu, 2016). Ayrıca Birleşmiş Milletler Çevre Programı Gıda Atığı Endeksi Raporuna göre dünyada her sene toplam 931 milyon ton gıdanın atık olarak çöpe gittiği belirtilmektedir. Aynı rapora göre Türkiye'de her yıl yaklaşık 7.76 milyon ton gıdanın atık olduğu tahmin edilmektedir. Bu da kişi başı yılda 93 kg'a karşılık gelmektedir (United Nations Environment Programme, Food Waste Index Report, 2021).

2.1.1. Sütçülük Atıklarının Değerlendirilmesi

Süt işleme tesislerinde en çok ortaya çıkan yan ürün (gıda atığı) sütün pıhtılaştırılmasından sonra geriye kalan peynir altı suyudur. Dünya genelinde 145 milyon ton peynir altı suyu atık olarak çıkmaktadır. Bunun 60 milyon tonunun yem, gübreleme; 85 milyon tonunun ise endüstride kullanıldığı belirtilmektedir. Gıda sanayinde kullanım miktarları ise yaklaşık şu şekildedir: 85 milyon tonun 49 milyon tonu laktoz ve peynir altı suyu tozu, 30 milyon tonu WPC (Whey Protein Concentrate) / WPI (Whey Protein Isolate), 6 milyon tonu ise diğer alanlardaki endüstriyel üretimlerde kullanılabilir. Geçtiğimiz son on yıllık süreçte, süt işleme tesisleri peynir üretiminden arta kalan peynir altı suyunu değerlendirerek temel bileşenlerine (protein, laktoz ve mineral içerisinde zenginleştirilen

fraksiyonları) ayırmak için, giderek artan oranlarda farklı yöntemlere başvurmaktadır. Bu yöntemler genellikle kristalizasyon, membran ve kromatografik proses tasarımlarını kapsamaktadır (Güzeler vd., 2017). Türkiye’de yılda yaklaşık 9.8 milyon ton çiğ inek sütü üretilmektedir (TÜİK, 2022a). Bunun yaklaşık % 20’sinin peynire işlendiği kabul edilirse, Türkiye’de sadece inek sütü için yılda yaklaşık 1.96 milyon ton sütün peynire işlendiği ortaya çıkmaktadır. Normalde peynire işlenen sütün yaklaşık % 80’i peynir altı suyu olarak çıkmakta ve yine yılda yaklaşık 1.56 milyon ton peynir altı suyu yan ürün olarak ayrılmaktadır. Peynir altı suyu; protein (esansiyel amino asitçe zengin), laktoz, azotlu bileşikler ve minerallerce zengin bir atık yan üründür. Çoğunlukla toz haline getirilen peynir altı suyu çikolata, dondurma ve bisküvi üretimi esnasında ilave edilerek yapıyı iyileştiren ve besin kalitesini artıran bir katkı maddesi görevi üstlenmektedir (Güzeler vd., 2017).

Fonksiyonel özellikleri yüksek proteinlerden oluşan peynir altı suyu, yalnızca beslenme yönünden değil amino asitlerin denge kaynağı olması ve zenginleştirilmesi açısından da önem arz etmektedir. Peynir altı suyunun laktoferrin, laktoalbumin, glikomakropeptit ve immünoglobulin içeren zengin bileşenleri bağışıklığı güçlendirici özellik göstermektedir. Ayrıca peynir altı suyu antioksidan, antihipertansif, antitümör, hypolipidemik, antiviral, antibakteriyel ve şelat oluşturma özellikleri sayesinde katıldıkları ürüne fonksiyonellik kazandırabilmektedir (Güzeler vd., 2017).

2.1.2. Nar ve Portakal Atıklarının Değerlendirilmesi

Diyetetik ve sağlık bilimlerinin yaşlanmayı geciktirmesi ve son yirmi yılda yaşam standartlarının yükselmesi ile birlikte tüketiciler, aldıkları besinlerin sağlığa olan etkisi hakkında çok daha duyarlı olmaya gayret göstermektedirler (Güven ve Gülmez, 2006). Beslenme ve sağlık arasındaki bağlantıda tüketici bilinci, fonksiyonel gıdalar için sürekli artan talebe yol açmaktadır. Bilim ve teknolojideki gelişmeler, artan sağlık hizmetleri maliyetleri, yaşlanan nüfus ve diyet yoluyla sağlıklı yaşama yönelik artan ilgi, fonksiyonel gıdalara olan ilgiyi artıran faktörler arasında sayılmaktadır. Nutrasötikler olarak da adlandırılan fonksiyonel gıdalar, oldukça besleyici olmasının yanı sıra çeşitli sağlık yararları da sağlamaktadırlar. Probiyotik gıdalar, yağ oranı düşük ve protein oranı yüksek ürünler, vitamin ve yağ

asitleri takviyeli, lifli ve tahıllı, fenolik ve antioksidan zengin vb. inovatif ürünler son yıllarda popüler hale gelmeye başlamışlardır (Ahmad vd., 2022).

Fonksiyonel gıdalar; vücudun temel besin gereksinimlerini karşılamının yanı sıra insan fizyolojisi ve metabolik fonksiyonları üzerinde ek faydalar sağlayan bileşenlerdir. Daha sağlıklı bir hayata erişmede ve hastalıklardan korunmada etkili olan gıda bileşenleri olarak tanımlanmaktadır (Güler, 2011; Kotilainen vd., 2006). Tıbbi gıdalar, modifiye besin maddeleri, özel diyet amaçlı gıdalar ve geleneksel gıdalar fonksiyonel gıdalara örnek olarak verilebilir. Direkt tüketilmesiyle insan sağlığına olumlu etki yapan büyük çoğunluğunu meyve ve sebzelerin oluşturduğu grup modifiye edilmemiş besin maddeleri grubuna girerken modifiye fonksiyonel gıdalar ise genelde bu meyve ve sebzelerin tozlarının veya ekstraktlarının gıdalara ilave edilmesi ile farklı gıdaları zenginleştirmesine olanak sağlamaktadır (Hasler ve Brown, 2009). Ayrıca meyve suyu atıklarından elde edilen ekstraktlarının gıda sanayinde fonksiyonel bileşen olarak değerlendirilmesi uzun zamandır birçok çalışmaya konu olmuştur (Karaaslan vd., 2011; Tseng ve Zhao, 2013).

Meyve sebze işletmelerinde işleme sırasında ortaya çıkan atıklar tekrar değerlendirilerek; bitkisel aroma maddeleri, doğal renk maddeleri, doğal antioksidan maddeleri ve fonksiyonel gıdalara yönelik biyoaktif katkı maddeleri elde edilerek farklı ürünlerde kullanılmaktadır. Turunçgil endüstrisi atıklarından kabuk ve çekirdekler toplam meyve ağırlığının % 50'sini oluşturmakta ve zengin fenolik içerikleri sayesinde çeşitli amaçlarla değerlendirme yoluna gidilebilmektedir (Topkaya, 2017). Fenolik madde içeriği yüksek olan bitkisel ürünler doğrudan toz halde veya ekstraktları elde edilerek antimikrobiyal madde olarak veya oksidasyonu geciktirici olarak kullanılmaktadır. Turunçgil meyveleri ve nar tane, zar ve kabuk ekstraktları biyoaktif bileşiklerce zengin, antimikrobiyel ve antioksidan etkileri ispatlanmış meyvelerdir (Özdemir vd., 2014). Turunçgil kabuğunda bulunan bileşikler genellikle yan ürünler olarak işlenmekte veya atılarak çevre kirliliğine neden olmaktadır. Halbuki yüksek flavonoid içeriğinden dolayı, turunçgil kabukları hem gıda endüstrisi hem de farmasötik alanlarında kullanılabilme potansiyelleri vardır (Londoño-Londoño, 2010). Turunçgillerin kardiyovasküler hastalıklar ve bazı kanser hastalıkları gibi birçok hastalığa karşı olumlu etkileri epidemiyolojik çalışmalarla ortaya konulduğu belirtilmektedir. İnsan sağlığı üzerindeki bu olumlu etkilerinin ortaya çıkmasından sonra, son yıllarda turunçgillerin tüketimini önemli

ölçüde arttırmıştır. Endüstriyel ve ev şartlarında meyve suyu üretimi için kullanılan miktarlar göz önüne alındığında meyve ağırlığının yaklaşık yarısı kabuk, tohum, hücre ve zar vb. içerdiğinden dolayı yüksek miktarda yan ürünlerin birikmesine neden olmaktadır (Kamran Khan vd., 2010).

Nar (*Punica granatum*) uzun yıllardır tüketilen yenilebilir meyvelerden biridir ve birçok tropikal ve subtropikal ülkede yaygın olarak yetiştirilmektedir (Yasoubi, 2007). Narın tanesi, zarı ve kabuğu gibi farklı kısımları birçok biyoaktif madde içermektedir. Bu maddeler katıldıkları ürünlerde antioksidan, antiviral, antibakteriyel, antidiyabetik gibi birçok biyoaktif etki göstererek fayda sağlamaktadırlar (Özdemir vd., 2014). Hastalıklara karşı koruyucu olan antosiyaninler ve antioksidandan en çok sorumlu olan ellagitanninler gibi biyoaktif bileşikler bakımından oldukça zengin olmasının yanı sıra nar meyvesi, yüksek besin değeri, sağlığa olan yararları, miktar olarak fazla olmasa da klorojenik asit antimikrobiyal ve antiseptik özellik katmasından dolayı sağlık üzerine olumlu etkileri bulunmaktadır. Ayrıca antioksidanlar, özellikle lipitlere ve lipit içeren bileşimlere eklendiğinde, lipid peroksidasyon sürecini geciktirerek ürünün raf ömrünü arttırabilen bileşiklerdir (Yasoubi, 2007). Yapılan bir çalışmada nar kabuklarından elde edilen ekstraktın 249.4 mg/L fenolik madde içerdiği ve bu değer nar pulpundan elde edilen ekstrakttan yaklaşık 10 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir (Özdemir vd., 2014). Endüstride işlem gören meyvenin % 50'sini oluşturan kabuk, posa ve çekirdek kısımları atık olarak ayrılmaktadır. Kabuk kısmı ise nar meyvesinin cinsine göre yaklaşık %33-40'ına tekabül etmektedir (Topkaya, 2017).

Türkiye ve Dünya'daki nar yetiştiriciliği meyvecilik sektöründeki gelişmelere bağlı olarak dikkat çekici bir artış olduğu gözlenmiştir. Yetiştirme, depolama, taşıma ve işlenmesindeki önemli gelişmeleri ile öne çıkmış ayrıca üretimi ve tüketimi artan bir meyve haline gelmiştir (Okumuş vd., 2015). Başlıca üretiminin olduğu ülkeler Hindistan, İran, Çin, Türkiye ve Amerika Birleşik Devletleri'dir (Şahin, 2020). Türkiye'de üretilen narın yaklaşık 1/3'ü ihraç edilmekte yine yaklaşık 1/3'ü meyve suyuna işlenmekte ve geri kalanı sofralık tüketimde değerlendirilmektedir (Özgür vd., 2015). Ülkemizdeki nar üretimi geçtiğimiz son yirmi yılda artış göstermiştir. 2000 yılında 59 bin ton nar üretimi gerçekleştirilirken 2019 yılında % 848 kat artış göstererek 559 bin ton nar üretilmiştir. İklim özelliklerine bağlı olarak en fazla nar meyvesi üretimi Akdeniz, Ege ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yapılmaktadır.

2019 yılında en fazla nar üretimi Antalya (% 23.3), Mersin (% 15.6), Muğla (% 15.5), Adana (% 12.7) ve Denizli (% 7.8) illerinde gerçekleştirildiği belirtilmektedir. 2000 yılında gerçekleştirilen ihracatımız 3.6 bin ton iken 2019 yılında 156 bin tona yükselmiştir (Şahin, 2020).

Tablo 2.1. Türkiye'nin yıllara göre nar ve portakal üretim miktarları (TÜİK, 2022b).

Yıl	Üretim Miktarı (Ton)	
	Nar	Portakal
2015	445.750	1.816.798
2016	465.200	1.850.000
2017	502.606	1.950.000
2018	537.847	1.900.000
2019	559.171	1.700.000
2020	600.021	1.333.975
2021	647.676	1.742.000
2022	681.460	1.322.000

Nar meyvesinin atık olarak değerlendirilen kabuk ve tohumları tıbbi, kozmetik ve endüstriyel açıdan yeni ürünler elde edilmesi amacıyla işlenebilmektedir. Kabuklarından elde edilen ekstraktların serbest radikal temizleyici ve güçlü bir antioksidan kapasite gösterdiği yapılan çalışmalar sonucunda bildirilmektedir. Nar suyu üretilirken presleme aşamasında kabuk kısmından suya birçok fenolik bileşik geçmesine rağmen kabuklarda hala çok yüksek oranda fenolik bileşikler kalmaktadır. Nar kabukları yüksek miktarda sekonder metabolitleri içermektedir. Fenolik bileşikler, nar kabuklarının baskın fitokimyasal sınıfını temsil etmektedir. Başlıca fenolik asitler: Gallik asit, ellagik asit, kafeik asit, klorojenik asit, siringik asit, ferulik asit, vanilik asit, p-kumarik asit ve sinamik asittir. Fenolik asitler konsantrasyon ve çeşitler arasında coğrafi konuma, iklimsel koşullara ve yetiştirme uygulamalarına bağlı olarak değişim gösterebilmektedir. Fenolik asit konsantrasyonunu tanımlayan parametrelerden biri meyve kabuğunun rengidir. Kabuk rengi, koyu kabuk renginin açık kabuk rengine göre daha yüksek fenolik asit konsantrasyonuna sahip olduğu bildirilmektedir. Flavonoidler (flavenoller): Kateşin, galloktekin, epikateşin, kateflin, antisiyoninlerdir. Hidrolize edilebilir tanenler (ellagitanninler) ise punicalagin, gallotanninlerdir. Dolayısıyla nar kabukları yüksek düzeyde çok sayıda fitokimyasala sahip olduğu belirtilmektedir (Kaderides vd, 2020; Kahramanoğlu, 2019). Antimikrobiyal, antioksidan, antifungal, antosiyanin, delfinidin, pelargonidin, siyanidin, elajik asit, pedunkulajin, punikalın, punikalajin ve farklı glukozitler gibi fitokimyasallar nar kabuğunda zengin olarak bulunmaktadır

(Akarca ve Başpınar, 2019). Meyve suyu haricinde, kabuk, çekirdek, çiçek, yaprak ekstraktlarının yüksek antioksidatif etki gösterdiği dolayısıyla kalp hastalığı, kanser ve diyabet gibi birçok hastalığın önlenmesinde ve tedavisinde etkin bir şekilde kullanılma potansiyelinin olabileceği düşünülmektedir (Okumuş, 2016).

Tablo 2.2. Nar bitkisinin kısımları ve bulunan bileşenler (Elaltunkara, 2018)

Bitki kısmı	Kimyasal Bileşenler
Nar suyu	Antosiyaninler, glikoz, askorbik asit, ellagik asit, kateşin, kuersetin, çok sayıda mineral, demir, aminoasitler
Nar çekirdek yağı	% 95 punisik asit, yağ asitleri, steroller, ellagik asit
Nar meyve örtüsü (kabuk ve iç zarlar)	Fenolik maddeler, gallik asit ve diğer yağ asitleri, kateşin, kuertesin, antosiyaninler, flavonoller
Nar yaprağı	Taninler (punikalin ve punikafolin), flavon glikozidleri
Nar çiçeği	Gallik asit, ursolik asit, tritepenoidler, diğer isimlendirilmemiş bileşikler
Nar kabuk ve kökü	Ellagitaninler, çok sayıda piperidin alkaloidleri

Su, etanol ve aseton, nar kabuğunun ekstraksiyonu için yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Farklı ekstraksiyon yöntemlerinde çözücülerle ilgili yapılmış literatürün çoğu, etanol veya metanol ekstraksiyon yönteminin fenolik bileşiklerin bolluğu ve antioksidan aktivitenin artması açısından diğerlerinden daha iyi olduğu söylenerek önerilmektedir (Çam vd., 2010; Kharchoufi vd., 2018; Orak vd., 2012). Ekstraksiyon yöntemleri ekstraktın biyokimyasal bileşimi üzerinde güçlü bir etkiye sahip olduğu bildirilmektedir. Geleneksel teknikler çoğunlukla yüksek düzeyde çözücüye ihtiyaç duymaktadırlar ve bunun sonucunda düşük ekstraksiyon verimi ile sonuçlanabilmektedir. Ayrıca, ekstraksiyon işleminde yüksek sıcaklık kullanımının ekstraktların bozulmasına neden olduğu belirtilmektedir (Alexandre vd., 2017). Biyoaktif bileşikler üzerine zararlı etkisi olmayan yüksek basınçlı ekstraksiyon pratik bir metot olarak kullanılabilir. Ayrıca yüksek basınçlı ekstraksiyonun daha hızlı ve yüksek verime sahip olduğu söylenmektedir (Huang vd., 2013). Önemli ekstraksiyon yöntemlerinden biri de enzimatik ekstraksiyondur. Biyoaktif bileşiklerin ekstraksiyona yardımcı olduğu gözlemlenmiştir. Enzimatik ekstraksiyonun arkasındaki mekanizma, pektinazları (hücre duvarı parçalayıcı enzimler) içerir. Bu enzimler hücre duvarını yıkar ve biyoaktif bileşiklerin ekstraksiyonunu iyileştirdiği bildirilmektedir (Li vd., 2013; Zhai vd., 2018).

Li vd. (2006), yaptıkları çalışmada etanol, metanol ve aseton karışımı kullanarak nar kabuğundan antioksidan bileşikler elde etmişlerdir. Toplam fenolikler,

flavonoidler, proantosiyanidinler ve askorbik asit içeriklerini de ölçmüşlerdir. Sonuçlar, nar kabuğu ekstraktının, süperoksit anyon, hidroksil ve peroksil radikallerine karşı temizleme veya önleyici kapasitede pulp ekstraktından belirgin şekilde daha yüksek antioksidan kapasiteye sahip olduğunu belirtmişlerdir. Toplam fenoliklerin, flavonoidlerin ve proantosiyanidlerin içeriği de kabuk ekstraktında pulptan daha yüksektir. Kabuk ekstraktında bulunan çok miktarda fenolik, güçlü antioksidan kabiliyetine neden olabileceği kanısına varmışlardır. Nar kabuğu ekstraktının, doğal antioksidanlar açısından zengin bir sağlık takviyesi olarak pulp ekstraktından fazla potansiyele sahip olduğu ve daha yoğun bir çalışmayı hak ettiği sonucuna varmışlardır.

Urgancı vd. (2021), yaptıkları çalışmada nar kabuğu tozunun değişik oranları (% 0, 6, 12 ve % 18) ile hazırlanan bisküvilerin bazı kimyasal, fiziksel ve duyuşal özelliklerini araştırmışlardır. Bisküvilerde protein, yağ ve kül içeriğinde önemli bir değişikliğe neden olmadığını tespit etmişlerdir. Elde edilen sonuçlar, bisküvilerin antioksidan aktivitesinin 5.06 $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$ 'den 288.38 $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$ 'ye, toplam fenolik içeriğinin 56.49 mg GAE/100 g'den 1108.35 mg GAE/100 g'ye, çözünür, çözünmez ve toplam diyet lifi içeriğinin % 1.93'ten % 9.31'e önemli ölçüde arttığını bulmuşlardır. Formülasyondaki nar kabuğu tozunun ikame oranının artırılmasıyla bisküvilerdeki sertlik önemli ölçüde azaldığını belirtmişlerdir. Nar kabuğu ikame oranının artmasıyla, L^* ve b^* renk değerlerinde azalma, bisküvi içeriğinin a^* değerlerinde artış gözlenmiştir. Nar kabuğu tozunun örneklerle eklenmesiyle, dâhili SEM mikrograflarındaki kontrol numunelerine kıyasla büyük hava hücreleri ortaya çıktığını tespit etmişlerdir. Duyusal analizlerde, bisküvilerin tadı ve genel kabulü dışında duyuşal parametrelerde anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir. Panelistler % 18 nar kabuğu tozu ile hazırlanan bisküvilerde daha ekşi ve acı bir tat hissettiklerini ve duyu puanlarındaki düşüşün nedeni olarak kabul ettiklerini doğrulamışlardır. Bu sebeple bisküvilerde % 12 nar kabuğu toz ikamesinin geçmemesi tavsiye edilmiştir.

Orak vd. (2012), yaptıkları çalışmada; Hicaznar, genotip 19-121, genotip 17-67 ve genotip 19-66 nar çeşitlerinde toplam fenolik, flavanoid, tanen içeriği ile birlikte DPPH, β -karoten renk açılımı, demir indirgeme ile metal şelatlama yöntemleri ile belirlenmiş antioksidan aktivitesini incelemişlerdir. Tüm değerlerde kabuk ekstraktlarının çekirdek ve meyve pulpu ekstraktlarından daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

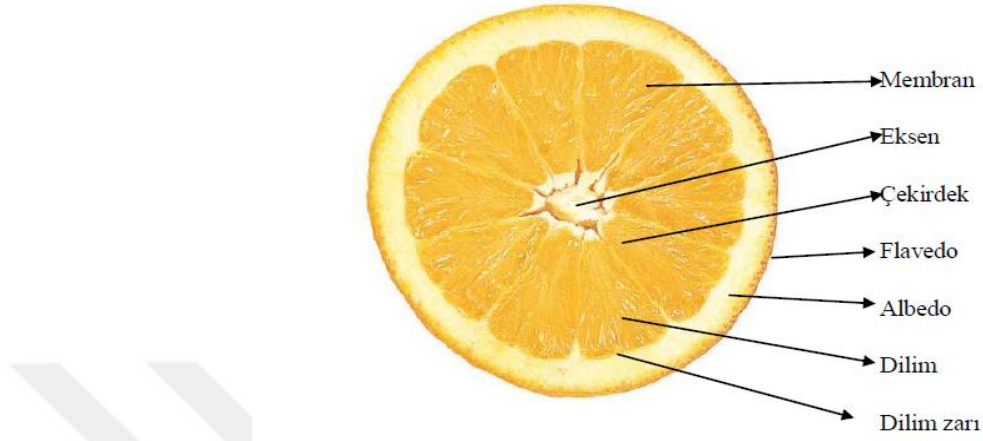
Gil vd. (2000), yaptıkları çalışmada nar kabuğu ve çekirdeği içeriğinin ağırlıklı olarak punikalajin ve bunun izomerleri olan (2,3-hekzahidroksidifenol-4,6-gallajilglukoz) ellajitanenleri az miktarda da punikalın (4,6-gallajilglukoz), ellajik asit, ellajik asit glikozitleri (heksisid, pentosid ve ramnosid) ve gallik asit içerdiğini bildirmişlerdir.

Yasoubi vd. (2007), yaptıkları çalışmada aseton, metanol, etanol, su ve etil asetat olmak üzere beş çözücü ile ultrason destekli iki yöntemle ekstrakte edilen nar kabuğunun fenolik bileşiklerini süperkritik sıvı ekstraksiyonu ile karşılaştırmışlardır. Toplam fenolik bileşikler standart olarak tanik asit kullanılarak Folin-Ciocalteu reaktifine göre belirlenmiştir. Sonuçlar, sonikasyonlu asetonun, nar kabuğu ekstraktlarından maksimum miktarda fenolik bileşik ürettiğini göstermiştir. Nar kabuğunun aseton ekstraktının (% 0.010-0.050) 60°C’de ısıtma sırasında soya fasulyesi yağının stabilitesine etkisi (fırın test yöntemi) peroksit ve tiyobarbitorik asit değerleri ölçülerek belirlenmiştir. Nar kabuğu ekstraktının % 0.050 seviyesinde, antioksidan aktivitesi iki sentetik antioksidan bütillenmiş hidroksianizol (BHA) ve bütillenmiş hidroksitolüenin (BHT) % 0.02’sinden daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Nar kabuğu ekstraktı nispeten yüksek bir antioksidan aktiviteye sahip ve zengin bir doğal antioksidan kaynağı olduğu bildirilmiştir.

Portakalın (*Citrus sinensis*) kabuk-meyve oranının % 15 olduğu kabul edilmektedir. Evlerde çok tüketilen bir meyve olduğu için kabukları evsel atıklar içinde de önemli bir yer teşkil etmektedir. Portakal kabuğu her türlü tatlılarda, et, çorba, pilav, makarna ve sebze yemeklerinde, yine kurutulmuş kabukları pasta ve sütlü tatlılarda ve bitkisel çayların bileşiminde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Mide ve bağırsak iltihaplarına ve ishale karşı iyileştirici etkisi bulunmasının yanısıra iştah açıcı özelliği de bulunmaktadır (Yaman, 2012).

Dünya genelinde yetişen narenciye çeşitlerinden en büyük grubu portakal temsil etmektedir. Toplam narenciye üretiminin yaklaşık olarak % 70’ini oluşturmaktadırlar. Portakal, vücudun bağışıklık sistemini oluşturan C vitamininin kaynağıdır. Ayrıca güçlü bir doğal antioksidandır ve bolca tüketilmektedir. Portakal; kabuk ve meyve eti kısımlarından oluşmaktadır. Genel olarak turuncgillerde kabuk ve meyve oranı sırasıyla % 25-50 ile % 75-50 arasında değişmekte olup portakallardaki kabuk meyve eti oranı ise ortalama % 50’dir. Portakalın dış kısmını oluşturan kabuk tabakası flavedo ve albedo adı verilen iki katmandan oluşmaktadır.

Kabuk tabakasının % 30'unu flavedo oluştururken % 70'lik kısmını ise albedo oluşturmaktadır. Tüm meyvede ise ortalama olarak % 10 flavedo, % 17 albedo, % 2 çekirdek, % 26 posa ve % 45 oranında meyve suyu içeren veziküller (membran) bulunmaktadır (Deveci, 2008; Temirbekova, 2020; Yarız, 2021).



şekil 2.1. Portakal meyvesinin yatay kesit görüntüsü (Deveci, 2008)

Flavedonun alt kısmı ve devamında, krem/beyaz renkte, daha kalın, keeye benzeyen bir şekilde albedo katmanı bulunmaktadır. Gevşek bir yapıda olup iri hücrelerden oluştuğu bilinmektedir. Bu kısımda, meyvenin iç kısmına doğru su ve besin maddelerini ileten damarlar bulunmaktadır. Meyvenin beyaz kısmı olan albedo büyük hücreler arası boşluklardan oluşan gevşek dokuları içermektedir. Fazla miktarda pektin ve hesperidinden oluşur. Kabukta % 30-35 oranında pektin bulunmaktadır. Bunun da % 73' albedo tabakasında mevcuttur. Albedo, ticari pektin üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Albedo'nun diğer bitkisel lif kaynaklarından daha yüksek kalitede olduğu bildirilmiştir. Antioksidan özellikteki biyoaktif bileşenlerin (flavonoidler ve C vitamini) fonksiyonel etkilerinin bulunması kaliteyi yükseltmektedir. Türkiye'de 2015 yılında 1.8 milyon ton portakal üretildiği, portakal suyu üretim tesislerinde ise yaklaşık 760 bin ton portakal kabuğu atığı meydana geldiği düşünülmektedir. Meydana gelen portakal kabuklarının bir bölümü hayvanlara yem olarak, bir kısmı kurutularak portakal tozu halinde yeniden değerlendirildiği ve geri kalan kısmının ise katı atık depolama tesislerine gtrldği belirtilmektedir. Özellikle narenciye üretimi yapılan yerleşim beldelerindeki kamu kurumları için sorun oluşturduğu bildirilmektedir. Dolayısıyla yan ürün olarak turunçgil artıklarının gıda sektöründe kullanılma ve yeniden değerlendirilme potansiyelinin bulunduğu söylenmektedir. Albedo tabakası önemli

bir pektin kaynağı olmasının yanı sıra ayrıca diyet lif potansiyeli de yüksektir. Diğer lif kaynaklarına göre antioksidan özellik gösteren biyoaktif bileşikleri içerisinde bulundurduğu için daha yüksek kaliteye sahip olduğu söylenmektedir. Yapılan çalışmalar ile diyet liflerin pişirme özelliğini iyileştirdiği, formülasyon maliyetini düşürerek ekonomik anlamda fayda sağladığı ve ilave edildiği ürünlerde dokuyu geliştirdiği belirtilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada ise çeşitli diyet liflerinin az yağlı veya düşük kalorili et ürünlerine ilave edildikten sonra karıştırılarak emülsifiye edilmesine ihtiyaç duyulduğu ancak albedo liflerinin pişmiş veya çiğ halde doğrudan sosislere eklenebileceği tespit edilmiştir (Demirel ve Demir, 2018; Göksel-Saraç ve Dedebaş, 2019).

Tarımsal-endüstriyel atıklar içinde, meyve suyu üretim sürecinin katı yan ürünü olan ve yıllık üretimi 21 milyon tona ulaşan portakal kabuğu atığı değerli bir bileşendir. Örneğin bu atık, sitrik asit ve biyoetanol üretimleri gibi çeşitli işlemlerde hammadde olarak kullanılmıştır. Narenciye ürünlerinin işlenmesi sonucu açığa çıkan büyük miktarda kabuk, potansiyel olarak zengin fenolik bileşik ve diyet lifi kaynağıdır. Genellikle çevreye atık olarak atılan bu narenciye kalıntıları, potansiyel nutrasötik kaynaklar olarak işlev görme potansiyeline sahiptir. Düşük maliyetleri ve kolay elde edilebilmeleri nedeniyle bu tür atıklar, önemli ölçüde düşük maliyetli besin takviyeleri üretiminde kullanılabilir. Portakal kabuğu gıda sektöründe üretilen atıkların önemli bir parçasını oluşturmaktadır ve kabukları düzgün imha edebilmek zordur. Portakal kabuğu, esansiyel yağlar, fenolik bileşikler, flavonoidler ve antioksidanlar gibi bileşikler içeren oldukça değerli bir kaynaktır. Bu bileşikler aynı zamanda antibakteriyeldir ve katkı maddeleri olarak kozmetik ve ilaç sanayinde önemli rolleri bulunmaktadır (Uyar-Tamer, 2017). Dolayısıyla portakalın işlenmesi sırasında yüksek miktarda açığa çıkan kabuk fenolik bileşikler bakımından zengindir. Kabuğa gerçek rengini kazandıran, karotenoid ve fenolik bileşiklerin en fazla bulunduğu tabaka flavedo tabakasıdır. Portakal kabuğu % 0.5 civarında fenolik bileşik içermekte olup bu bileşiklerin % 90-95'ini limonen maddesinin oluşturduğu belirtilmektedir (Carota vd., 2020, Rafiq vd., 2018; Yıldız vd., 2023). Fenolik bileşiklerinin yanı sıra antibakteriyel, kardiyoprotektif, antiviral veya anti-mutajenik özelliklere sahip iyi bir mineral, organik asit, şeker, diyet lifi ve antioksidan kaynağıdır (El-Beltagi vd., 2022).

Antioksidan maddeler genel olarak polifenolik yapıdadırlar. Bitki, meyve, sebze, mikroorganizma, mantar ve hayvan dokularında çoğunlukla bulunabilmektedirler. Tokoferoller, askorbik asitler, karotenoidler ve flavonoidler, antioksidan maddelerin en önemlileri bileşenleridir. Polifenolik yapıya ait olan flavonoidler bitkilerin renklerinin oluşumunda büyük oranda rol oynamaktadırlar. Fenolik bileşikler antioksidanların en aktif üyeleridir. Benzen halkasına bağlı bir veya birden fazla hidroksil ve fonksiyonel gruba sahiptirler. Bununla birlikte fenolik bileşikler bitkilerde en fazla bulunan madde olup görevleri ise meyve sebze yapısına tat ve renk gibi özellikler vermekte olduğu belirtilmektedir. Fenolik bileşiklerin antienflamatuar etkisi, antikarsinojen özelliği, antioksidan aktivitesi, antimikrobiyal ve antimutajenik etkileri gibi birçok fonksiyonel özellikleri bulunmaktadır (Çağlak vd., 2022; Çoban, 2019).

Barrales vd. (2018), yaptıkları çalışmada portakal kabuğundan uçucu ve fenolik bileşikleri süperkritik akışkan ekstraksiyonu ve basınçsız sıvı ekstraksiyonu ile elde ederek, ekstraktlarda verim, toplam fenolik içerik, DPPH ve FRAP yöntemleri ile antioksidan kapasite, indirgeyici şekerler ve ana fenolik bileşiklerin HPLC konsantrasyonunu değerlendirmişlerdir. Sıcaklık ve etanol konsantrasyonunun tüm tepkiler üzerinde önemli etkileri olmuştur. Süperkritik akışkan ekstraksiyonu ile elde edilen ekstraktta bulunan ana uçucu bileşik terpineol ve d-limonen olmuştur. En büyük fenolik bileşik hesperidin ve en yüksek geri kazanım (19.3 ± 0.9 mg/g kuru soyma) ise 65°C 'de % 75 etanol ile sağlanmıştır. Aynı durumda, yüksek toplam fenolik içerik ve antioksidan kapasitesi elde edilmiştir. Çok çeşitli meyve yan ürünlerinden fenoliklerin geri kazanılması için su ve etanolün kullanılmasının uygulanabileceği sonucuna varılmıştır.

Kaynarca ve Taşkın (2020), portakal kabuklarının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini karşılaştırmak adına farklı sıcaklıklarda fırın ile kurutma ve farklı ayarlarda mikrodalga ile kurutma çalışmaları gerçekleştirmişlerdir. Örnekler, $45-65^{\circ}\text{C}$ hava sıcaklığı, 1 m/s hava akış hızına sahip tepsili fırın kurutucuda 330 dakika ve mikrodalgada kesikli sistemde 400-700 W güç aralığında nem oranları eşitlenene kadar kurutulmuşlardır. Çalışmada, taze ve kurutulmuş örneklerin toplam fenolik ve karotenoid madde miktarı tespit edilmiştir. Toplam fenolik madde miktarı değerlerinde meydana gelen değişimin kurutma işleminde uygulanan mikrodalga gücünün etkisinin ve sıcaklığın önemli olduğu bildirilmiştir. $45-55^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta

kurutulan portakalların kabuklarının toplam fenolik madde miktarı değerlerinde önemli bir değişim olmamakla birlikte artış gözlenmiştir (67.84 mg GAE/100 g, 62.85 mg GAE/100 g). Kurutma sıcaklığının 65°C çıkmasıyla toplam fenolik madde miktarı değeri ciddi miktarda azalmıştır ($p < 0.05$, 40.44 mg GAE/100 g). Kurutma işlemleri süresince toplam karotenoid madde miktarı değerlerinde ise tüm örnekler için azalma meydana gelmiştir ve toplam karotenoid madde kaybı 400 W güç uygulamasıyla mikrodalgada kurutulan örnekler için gözlemlendiği bildirilmiştir.

Amacı, mekanik ve çözünürlük açısından hazırlanan biyofilmlerin özelliklerini geliştirmek olan bir çalışmada, kuru portakal kabuğu tozu ve mısır nişastası ile biyofilmler üretmek istenilmiştir. Çalışmada kullanılan ana nişasta kaynağı mısır nişastasıdır. Portakal kabuğu tozunun ağırlık oranı % 20, % 30, % 40, % 50 ve % 0 olacak şekilde değiştirilerek beş biyofilm hazırlanmıştır. Nem içeriği, suda ve alkolde çözünürlük, suyun emilimi gibi fizikokimyasal özellikler, biyolojik bozunabilirlik ve hazırlanan filmin kopuşunda gerilme mukavemeti ve % uzama gibi mekanik özellikler karakterize edilmiştir. FTIR sonuçları portakal kabuğu tozu ve mısır nişastası arasındaki etkileşimi doğruladığı bildirmişlerdir. Tüm filmler arasında % 40'lık olan film en yüksek gerilme mukavemeti ve kopmada en düşük % uzama ile sonuçlanmıştır. Sırasıyla % 1.41 MPa ve % 11.22 MPa uzamaya karşılık geldiği bildirilmektedir. Portakal kabuğu tozunun nişastaya dâhil edilmesiyle biyolojik bozunabilirliğin hızlandırıldığı tespit edilmiştir. % 50'lik film için su emme değeri, alkol ve suda çözünürlük bakımından diğer örneklerden yüksek bulunduğu tespit edilmiştir (Chhatariya vd., 2022).

Cesur, (2014) yaptığı çalışmada kurutulmuş turunçgil kabuklarının kefirin mikrobiyal, kimyasal ve fiziksel özellikleri üzerine etkilerini araştırmıştır. Mikrobiyolojik, fiziksel ve kimyasal analiz deneyleri 1, 5, 18, 21 ve 27. günlerde yapılarak tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada normal, kurutulmuş mandalina, portakal ve limon kabukları ilave edilmiş kefirlerin 5 gün, 18 gün, 21 gün ve 27 gün depolamaya bağlı olarak birinci güne göre % titrasyon asitliği, pH değerleri, toplam laktobasil, laktokok, maya ve toplam aerob mezofil bakteri sayısı açısından artış veya azalışı analiz edilerek tespit edilmiştir. Örneklerde % toplam kuru madde, % toplam yağ, % toplam protein, % toplam kül miktarı belirlenmiştir. Ayrıca duyu analizler yapılarak uygulamalar tat, renk ve koku açısından değerlendirilmiştir. Genel olarak depolama süresi arttıkça pH değerlerinde düşüşler ortaya çıkarken; titrasyon asitliği

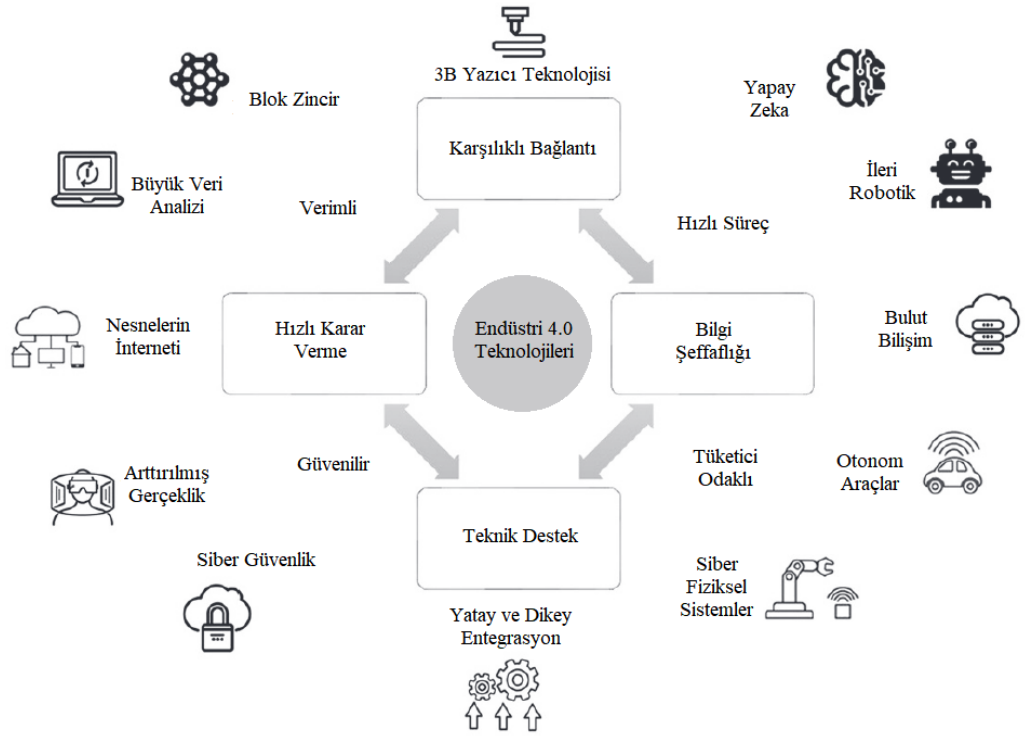
oranı depolama süresine bağlı kalarak artma eğilimi göstermiştir. Normal, kurutulmuş mandalina, portakal, limon kabuklu kefir örneklerinde kuru madde, kül oranı, yağ oranı, pH, laktik asit eşdeğerinde titrasyon asitliği sırasıyla % 8.64-10.38, % 0.74-0.79, % 2.50-3.10, 4.15-4.33 ve % 0.57-0.74 aralığında tespit edilmiştir. Toplam protein % 7.62-10.43 arasında bulunmuştur. Tüm örneklerde *Lactobacillus spp.* sayısı 6.88-8.66, toplam aerob mezofil bakteri sayısı 7.46-10.44 log (kob/mL), *Lactococcus spp.* sayısı 8.6-11.41 ve maya-küf sayısı 7.3-10.22 arasında tespit edilmiştir.

Portakal kabuklarının değerlendirilmesinde dikkat çeken bir başka çalışmada ise mimar Carlo Ratti ve ekibi, portakal kabuklarından biyoplastik yaparak filamente dönüştüren ve taze sıkılmış aynı portakal suyunu içmek için 3B tek kullanımlık bardaklar oluşturan bir meyve suyu barı geliştirmiştir. “Feel the Peel” prototipi, tepesinde 1.500 portakalla dolu bir kaydırak bulunan, 3.10 metre yüksekliğinde bir portakal sıkma makinesidir. Bir kişi meyve suyu sipariş ettiğinde, portakallar sistemin içine doğru ilerlerken, kabukları ayrı bir yerde toplanmaktadır. Ardından kurutma ve öğütme işlemiyle biyoplastiğe dönüştürülmektedir. Isıtılıp eritildikten sonra polimer, makineye dahil edilen bir 3B yazıcı tarafından kullanılan bir filament haline getirilir. Böylelikle plastik kullanımını azaltan sürdürülebilir bir sistem oluşturulmuştur (Danneberg, 2021).

2.2. Üç Boyutlu Gıda Baskı Teknolojisi

2.2.1. Gıda Alanında Üç Boyutlu Yazıcıların Yeri ve Önemi

Ülkemizin 11. Kalkınma Planı'nda belirtilen ve yüksek katma değer oluşturması beklenen öncelikli alanlarda teknoloji üretme, dönüşüm ve adaptasyon yeteneğinin geliştirilmesi, yüksek gelir grubu ülkeler ile rekabet gücünün artırılması bakımından oldukça önemlidir. Bu nedenle, Milli Teknoloji Hamlesi kapsamında altyapıların (yapay zekâ, nesnelerin interneti, artırılmış gerçeklik, büyük veri, siber güvenlik, enerji depolama, ileri malzeme, robotik, mikro/nano/opto-elektronik, biyoteknoloji, kuantum, sensör ve katmanlı imalat) oluşturulması ve nitelikli personel yetiştirilmesi gerekmektedir (Şekil 2.2). Bu teknolojik alt yapıların etkin kullanımı, ürün verimliliğinin artırılması ve bunların sürdürülebilirliği bakımından akademik araştırmaların da büyük katkıları olacaktır.

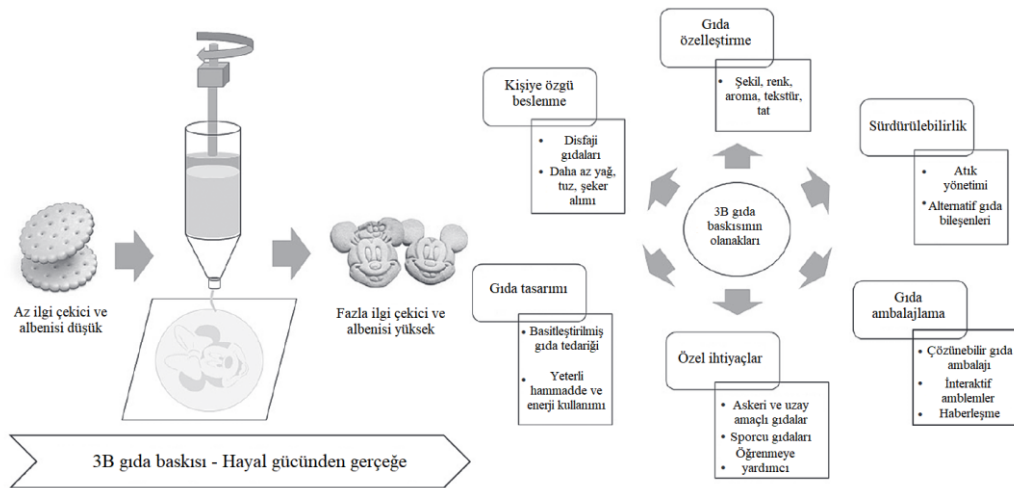


Şekil 2.2. Endüstri 4.0 ilkeleri ve teknolojileri (Pisz, 2020)

Gıda atıklarının tekrar değerlendirilmesinde son zamanlarda alternatif bir çözüm yolu olabileceği gündeme gelen, ilk olarak “additive manufacturing”, “solid freeform fabrication” ve “rapid prototyping” adlarıyla da bilinen Üç Boyutlu (3B) yazıcı teknolojisi terimi ortaya çıkmıştır (Hull, 1986; Kodama, 1981). Bu üç kavram; seramik, metal, polimer vb. çeşitli materyallerin katmanlar halinde

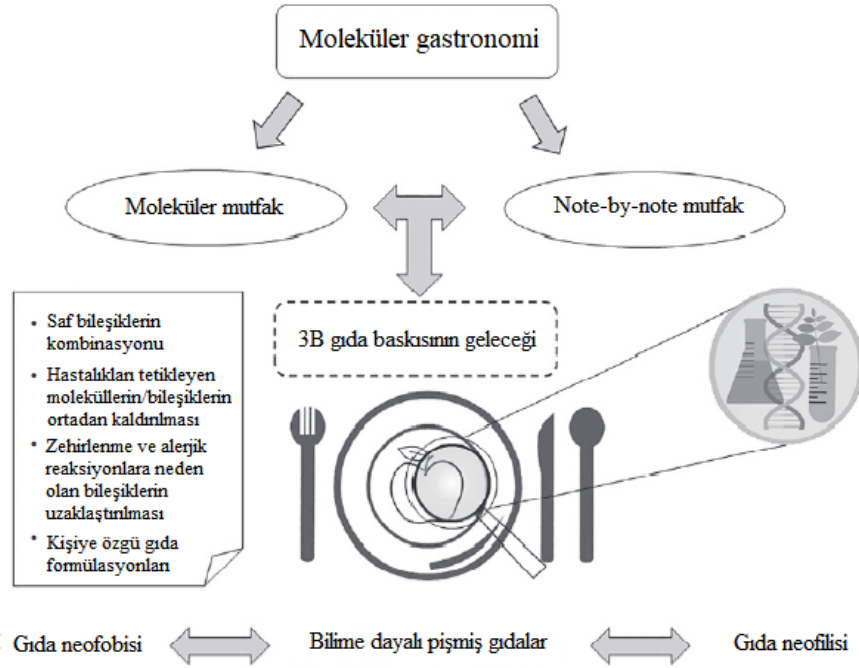
biriktirerek/serilerek istenilen yapılarda fiziksel geometriler oluşturulması şeklinde özetlenebilir. Dilimizde ise bu kavramlar eklemeli üretim veya katmanlı imalat teknolojisi olarak karşımıza çıkmaktadır. İçörgü, içördürme gibi sözcükler de Türkçe sözlüğe eklenerek son yıllarda yeni yeni kullanılmaya başlanmıştır. İçörgü terimi, üç boyutlu eklemeli imalat tekniğiyle üretilen parçanın işlevselliğini arttırmak, hafifliğini sağlamak amacıyla içerisini doldurmak için kullanılan üç boyutlu desen anlamına gelmektedir. Evlerden yapay organlara, otomobil parçalarından seramik ürünlere, ilaç sektöründen protezlere kadar günümüzde geniş bir yelpazede üç boyutlu yazıcı teknolojisinden yararlanılmaktadır.

Malzeme bilimi ve teknolojisi alanında 3B yazıcı kavramı ortaya çıkmasından sonra akışkan davranış gösteren ve katmanlar üzerinde biriktirilebilen gıda hammaddelerinin bu teknoloji sayesinde farklı amaçlarda gıda üretimine de adapte edilebileceği fikri ortaya çıkmıştır (Godoi vd., 2016). Atıkları tekrar değerlendirebileceği için sürdürülebilir gıda üretebilme potansiyeli, çocuklara kodlamayı erken yaşta sevdirebilmesi, sınırsız gıda tasarımları yapma özgürlüğü verebilmesi, akıllı ev sistemi (nesnelerin interneti) gibi çağımızın yeni teknolojilerine adapte olabilmesi, moleküler gastronomi alanında tabak süsleme yapılabilmesi gibi ortaya çıkan fikirler bu alandaki gelişmeleri hızlandırmıştır (Şekil 2.3). Bu alandaki ilk denemeler öncelikle 2 boyutta (x ve y eksenleri) yapılmıştır. Bisküvi ve kek süslemeleri için yapılan bu denemelerde şeker, su ve çikolata karışımları kullanılmıştır (Pallotino vd., 2016; Sun vd., 2015).



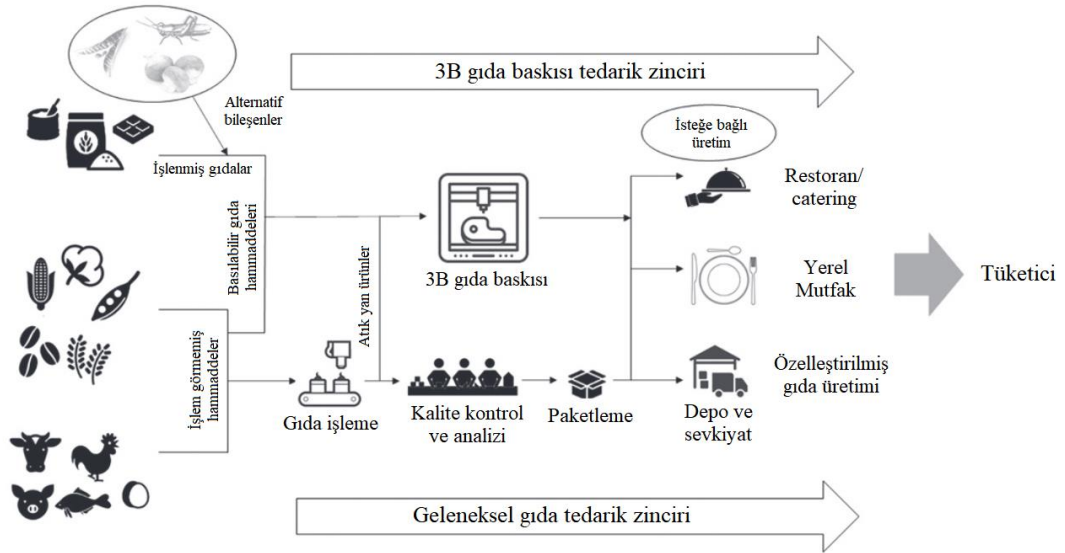
Şekil 2.3. 3B gıda baskısının çeşitli imkan ve olanakları (Anandharamakrishnan vd., 2022)

Daha sonraki yıllarda gıda alanında 3B baskılar yapabilen ilk prototipler geliştirilmiştir. Ancak gerçek denemeler yapılamadan bahsi geçen prototipler somutlaştırılamamıştır. Tasarı ve simülasyon olarak kalmayıp somut olarak geliştirilebilmiş ilk 3B gıda yazıcısı prototipi, 2007 yılında Cornell Üniversitesi tarafından Fab@Home Model 1 adı ile sektöre tanıtılmıştır (Malone ve Lipson, 2007; Periard vd., 2007). Daha sonra başka prototip çalışmaları da yapılmıştır (Burritobot, 2014; Hao vd., 2010; Zoran ve Coelho, 2011). Gıda üreticisi büyük firmaların da üniversitelerin başlattıkları bu yarışa katılması ile son on beş yılda farklı işleyişlerle çalışan 3B yazıcıların gıda işleme proseslerine uyarlanmasına çaba gösterilmiştir (Değerli ve El, 2017). Dikkat çeken bir başka çalışmada ise Amerikan Uzay ve Havacılık Dairesi (National Aeronautics and Space Administration–NASA)’nin çeşitli firmalar ve kendi araştırmacıları ile finanse ettiği “Derin Uzay Görevlerinde 3B Gıda Yazıcılarının Gıda Üretiminde Kullanılabilmesi” başlıklı projesidir. Bu projede uzun süreli seyahatlerde kullanılmak üzere 3B gıda yazıcısı sistemlerinin geliştirilmesi hedeflenmiştir (Bodruk ve Acar, 2022; Pallotino vd., 2016).



Şekil 2.4. Bilime dayalı pişmiş yiyecekler ile 3B gıda baskılarının entegrasyonu
(Anandharamakrishnan vd., 2022)

Son yıllarda ise 3B gıda baskısının gelecek kuşaklar için bir “yazdır-ye” (print-and-eat) teknolojisi olarak sektörde kendine önemli bir yer bulacağı düşünülmektedir (Meral ve Demirdöven, 2022). Gastronominin bir alt dalı olan moleküler mutfak günümüzde yaygın bir şekilde tercih edilmektedir (Şekil 2.4). 3B yazıcılarda gıdaların başarılı bir şekilde basılabilir olmasından sonra dünyanın ilk 3B gıda restoranı (Food ink.) İngiltere’de açılmıştır. Novameat (Barcelona, İspanya) firması et yerine geçebilecek ikame bitki bazlı formülasyonları 3B yazıcılarda üreterek pazarda yer edinme çalışmaları yapmaktadır. Mondelez (A.B.D.) şirketinin bir yan kuruluşu olan Cadbury firması üretimini gerçekleştirdikleri sütlü çikolatalarını, prototipini kendileri tasarladıkları 3B yazıcıda çeşitli şekillerde baskı çalışmaları yapmışlardır. Dünyanın lider makarna firmalarından biri olan Barilla’nın (İtalya) sponsor olduğu 3B makarna tasarımları konulu bir yarışma düzenlenmiştir. 20’den fazla ülkeden 530’dan fazla uluslararası tasarımcı tasarımlarıyla mücadele etmişlerdir. Sıcak suya atıldığında gül şeklinde açan çiçek modelinden, sosların birbirine iyice tutunması için dizayn edilen kraterli ay gezegen modeline, rüzgar hortumu şeklinden Noel ağacına kadar farklı modeller yarışmada ilgi uyandırmışlardır. Dolayısıyla 3B gıda baskısının gıda bilimi ve teknolojisi ekosisteminde kendisine genişçe bir yer bulması kaçınılmazdır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. 3B gıda baskısı ekosistemi (Anandharamakrishnan vd., 2022)

Ülkemizde ise 3B yazıcı teknolojisi üzerine çalışmalar ilk olarak malzeme mühendisliği alanında görülmektedir (Şakar-Deliormanlı vd., 2008; Türker vd., 2005). Akademik çalışmalar çeşitli şirketler tarafından ilgi görmüştür. 2014 ve 2015 yıllarında Uluslararası 3B yazıcı fuarları düzenlendiği, 2016 yılında ise fuar ile sempozyumun birlikte olduğu bir organizasyon tertip edilmiştir. Bu sempozyumda 3B yazıcı teknolojisi ile ilgili her disiplinden yapılan çalışmalar ziyaretçilerin ilgisine sunulmuştur. 2017, 2018, 2019 ve 2021 yıllarında da sempozyumlar devam etmiştir. Gıda alanında ise altı çalışma dikkat çekmektedir. Bu çalışmalardan birincisinde gıda üretimine uygun, üç eksenli, plastik kartuşlu yazdırma başlığı tasarlanmış ve pişmeye hazır kek hamur üretim çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Tasarımın entegre edildiği 3B yazıcı yurt dışından ithal edilmiştir. Yazdırma işleminin yapıldığı düzlem sıcaklığı Arduino kontrol kartı ile değiştirilebilmektedir (Kaya vd., 2016). İkinci çalışmada yaş pasta ve tabak süslemeleri baskısı için 3B yazıcı prototipi dizayn edilmiştir. Ancak herhangi bir deneme çalışması yapılmamıştır (Subaşı vd., 2016). Üçüncü çalışmada 3B yazıcıda atıştırmalık tavuk eti üretilmiş ve pişme özellikleri incelenmiştir (Bulut, 2019). Dördüncü çalışmada gıda baskısı için ekstrüder başlığı tasarımı yapılmış çikolata ve lokumda denemeler yapılarak reolojik özellikleri belirlenmiştir (Yaprak-Aydın, 2019). Beşinci çalışmada yazdırılmaya uygun olmayan ketçaba, peynir altı suyu proteininden elde edilen mikrojel ilave edilmesiyle basılabilir hale getirilmesi amaçlanmış ve ideal oran olarak % 50 ketçap, % 50 mikrojel karışımı ve % 15 oranında saf su olarak tespit edilmiştir (Kahraman ve Yavuz, 2022). Altıncı çalışmada karnabahar, havuç, ıspanak ve kabak kullanılarak elde edilen sebze püresine yoğurt ilave ederek baskı denemeleri yapılmıştır (Uzman vd., 2022). Yedinci çalışmada ise bezelye proteini ve mercimek kullanılarak 3B yazıcıda vejetaryen burger köftesi üretilmiş ve pişme özellikleri incelenmiştir (Özdemir, 2022). Ülkemizde bu konuda sınırlı sayıda çalışmaya rastlanmıştır. Yakın gelecekte, Türkiye’de bu alandaki çalışmaların artarak, endüstriyel tasarım mühendisliği, elektrik-elektronik mühendisliği, mekatronik mühendisliği, gıda mühendisliği ve bilgisayar mühendisliği dalları ile disiplinler arası projeler için motivasyon kaynağı oluşturacağı düşünülmektedir.

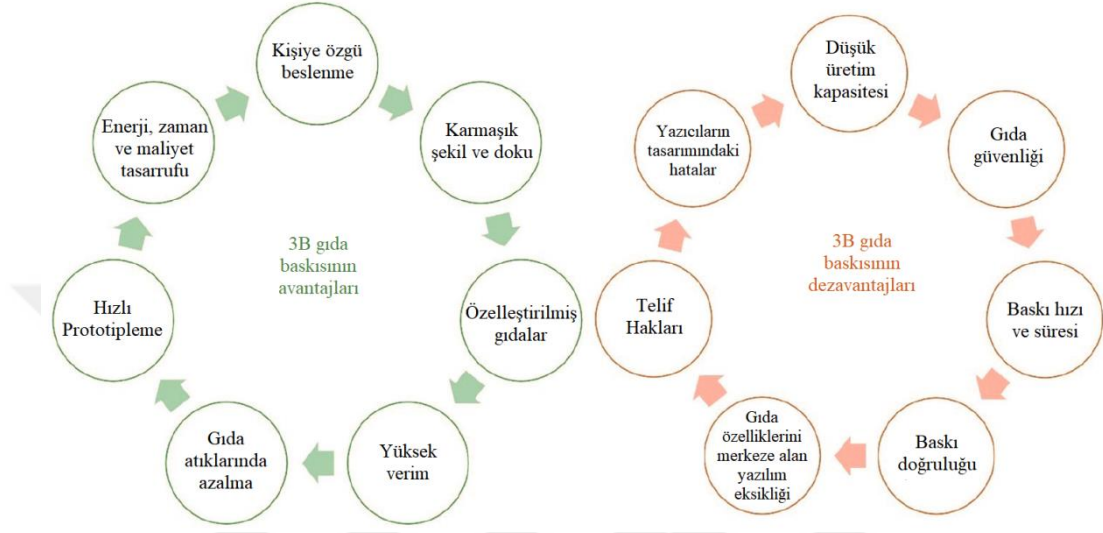
2.2.2. Gıda Alanında Üç Boyutlu Yazıcıların Avantaj ve Dezavantajları

Üç boyutlu gıda yazıcılarının (3BGY) hedef kitleye ve amaca bağlı olarak, tüketici ihtiyaçlarını merkeze alan kişiselleştirme, üretim sürecinin daha kontrollü planlanması, yeni üç boyutlu yapılar ve şekiller meydana getirme olasılığı, bireysel olarak uyarlanmış diyet kompozisyonları, tüketiciler arasında kullanılmayan veya popüler olmayan yeni gıda bileşenlerini tüketme potansiyeli, biyobasımla birlikte yeni gıda dokuları üretme, gıda israfını azaltma potansiyeli veya alternatif besin kaynaklarını kullanarak sürdürülebilirlik fırsatı yaratarak fayda sağlama ve iyileştirme potansiyeline sahip olduğu düşünülmektedir (Yiğitbaşı, 2021; Voon vd., 2019).

Günümüzde disfaji (yutma güçlüğü) hastalığına sahip insanlar için meyve ve sebzelerden elde edilen, kıvamı artırılmış püreler ve tekstürü yumuşatılmış gıdalar piyasada bulunmaktadır. Ancak bu tür besin maddelerinin duyu kalitesi disfaji hastalığından muzdarip insanlarda gıda tüketimi konusunda hoşnutsuzluğa sebebiyet vermektedir. 3B baskı teknolojisi ile disfaji hastaları için yumuşak yapıda olan püre kıvamındaki besinleri, hastaların ihtiyacı olan kişiselleştirilmiş besin içeriklerine sahip, görsel albenisi artırılmış, sürdürülebilir gıda formülasyonları hazırlanabilmektedir. Böylece, bireylerin iştah sorununu ortadan kaldırıp, gıdaları keyifle ve iştahla tüketmeleri de sağlanabileceğinden yaşam kalitesi iyileştirilebilmektedir. Bu amaçla, 3B yazıcıların özel tedavi gören hastaların bulunduğu yaşlı bakım evlerinde rahatlıkla tercih edilebileceği belirtilmektedir (Candoğan ve Bulut, 2021).

Gıda sektörü için 3B baskı teknolojisinin tüketiciye özgü lezzet, maliyet ve kalorisi ayarlanabilir, beslenmeye uygun tüketime hazır besin ürünü üretme potansiyeline sahip yeni olanaklar belirleyeceği düşünülmektedir. Bu durum ile birlikte inovasyon ve güncel tasarımların ortaya çıkması adına yetenek ve kaynak yetersizliklerinin önüne geçilerek tasarımcılara yeni bir kapı açılmakta ve ayrıca tüketiciler için kişiselleştirilmiş farklı gıda ürünleri meydana getirilebilmektedir. Bu kişiselleştirme farklı yaş, cinsiyet, meslek, tercih ve ihtiyaçlara göre belirlenebilmektedir. Kişiselleştirilmiş gıda ürünlerinde 3B yazıcı sistemi, tüm gıda üretim sürecini yeniden ele alan, özelleştirme maliyetini azaltan ve bu süreçte meydana gelebilecek personel hatalarını önleyerek üretim verimliliğini artıran, insan kaynaklı hastalık ve bulaşma riskinin düşük olduğu yeni bir sistem olarak

düşünülmektedir (Şekil 2.6). Birden çok işlemi tek adımda birleştiren bir sistem olmasından dolayı atık, enerji, su kullanımının ve ekolojik ayak izinin azaltılmasında etkili olabileceğinden bahsedilmektedir. Ayrıca israfın önüne geçerek çevreye daha faydalı ve sürdürülebilir bir teknoloji olabileceği öngörülmektedir (Meral ve Demirdöven, 2022).



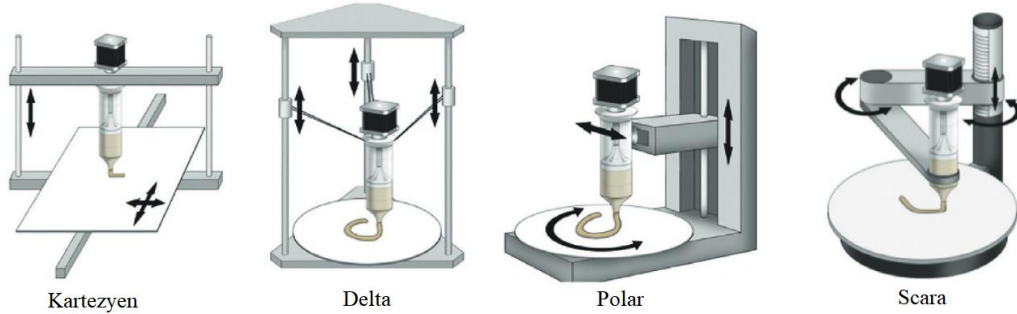
Şekil 2.6. 3B gıda baskısının avantaj ve dezavantajları (Tomašević, 2021)

3B gıda baskı teknolojisinin avantajları olduğu gibi birçok dezavantajı da bulunduğu belirtilmektedir. 3B gıda yazıcıları, diğer yazıcılar kadar çeşitliliğe sahip olmadıkları için mevcut pazardaki fiyatları yüksek olmaktadır. Üretim hızının yavaş olması en önemli dezavantajlarından birisidir. Bu durum günümüzdeki hızlı tüketim alışkanlığı açısından olumsuz olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca gıda baskısı yapan yazıcılar ilk aşamada kullanıcı dostu olamamaktadırlar. Yazıcıları kullanabilmek için belli bir süre tüketicilerin/operatörlerin sisteme alışabilmeleri gerekmektedir. Ayrıca gün geçtikçe tüketiciler bilinçlenerek doğal beslenmek istemektedirler. Dolayısıyla elektronik tabanlı bu tür yeni teknolojiler tüketiciler tarafından rutinden vazgeçmek istemedikleri için her zaman ön yargıyla (neofobi) karşılanabilmektedir (Şekil 2.4). Bir başka dezavantajı ise baskısı yapılacak gıda malzemesinin püre haline getirilmesi gerektiğidir. Dolayısıyla birçok gıda yazdırmaya uygun olamamaktadır. Ayrıca üretilen baskılar nem, sıcaklık, oksijen vb. parametrelerden etkilenebilmekte ve yazdırma işleminin kontrollü bir şekilde uygulanma ihtiyacı oluşabilmektedir.

Mevcut çalışmalar çok sayıda dezavantaj belirtse de aslında bu teknolojinin yeni olmasından kaynaklandığı belirtilmektedir. Dolayısıyla bahsedilen dezavantajların ileriki senelerde ortadan kalkması muhtemeldir. Böylelikle kalifiye personel eksikliği, yazıcı sistemlerinin pahalılığı gibi konular zaman içerisinde giderilebilecek dezavantajlardır. Ayrıca bu konulardaki gelişmelerin inovatif ilerlemeler sağlayacağı düşünülmektedir (Yiğitbaşı, 2021).

2.2.3. Üç Boyutlu Gıda Baskısında Kullanılan Metotlar

Yarı katı bir macun, püre veya bulamaç halindeki gıdaları Kartezyen, Delta, Polar ve Scara olmak üzere dört farklı mekanizmadan birinde 3B baskı işlemi gerçekleştirilebilmektedir (Şekil 2.7). Bu mekanizmalardan hangisinde baskı işlemi yapılacağı kullanılan gıda malzemesine göre farklılık gösterebilmektedir. Dolayısıyla sistemlerin avantaj ve dezavantajlarına göre mekanizmaların hangisinde baskının gerçekleştirileceği seçilmelidir.



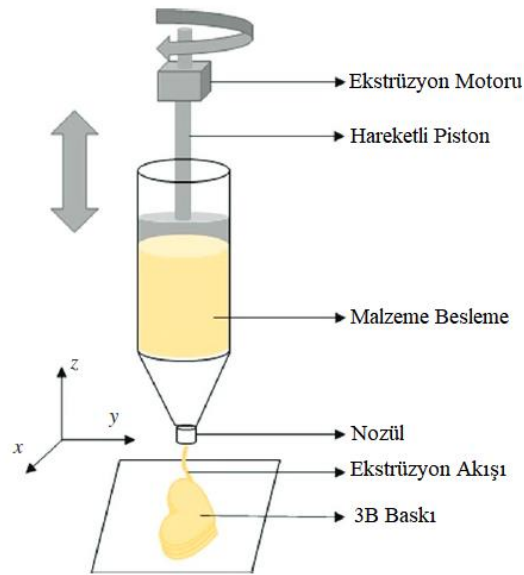
Şekil 2.7. 3B gıda baskısında (FDM) kullanılan mekanizma çeşitleri (Sun vd., 2018)

Kentsel nüfusun artmasıyla birlikte yoğun bir yaşam tarzı tüketicileri, hızlı pişirme teknikleri ile beraber daha pratik mutfak cihazları kullanabilmek beklentisindedirler. 3B gıda yazıcılarının en büyük dezavantajı baskı süresinin uzun olmasıdır. Dolayısıyla basılan gıdanın hacminin yazıcı boyutuna oranı, üretim süresi, yazıcı fiyatı, temizleme süresi ve bakım maliyeti gibi faktörler ticari olarak gıda yazıcılarının geliştirilmesi için çok önemli hale gelmektedir. Daha hızlı üretim süresi ve düşük maliyet nedeniyle Delta veya Polar mekanizmalar diğer mekanizmalara göre daha avantajlı olduğu belirtilmektedir. Basılabilir gıda malzemelerinin yoğunluğunun yüksek olduğu durumlarda yazdırma başlığı, kartuş ve gıda malzemesinin meydana getirdiği ağırlık mekanizmayı çalıştıran motorların taşıma yükünü artıracaktır. Eğer tablaya tabak, bisküvi, ekmek benzeri nesneler koyulup üzerine baskı gerçekleştirildiğinde Y eksenine bağlı olan motor daha fazla yük altına

girebilmektedir. Delta veya Scara tip mekanizmalarda tabla sabit olduğu için yük oluşmayacağından diğer mekanizmalara karşı daha avantajlı olduğu bildirilmektedir. Ancak mekanizmalar arasında hem donanımsal hem de yazılımsal olarak oluşturulması ve kalibrasyonu en kolay sistem Kartezyen sistemidir. Ayrıca diğerlerine nazaran daha geniş bir baskı alanı oluşturmasıyla daha büyük baskılar elde edilebilmektedir. Ticari olarak satılan çoğu gıda yazıcılarında da bu mekanizmanın tercih edildiği belirtilmektedir (Sun vd., 2018).

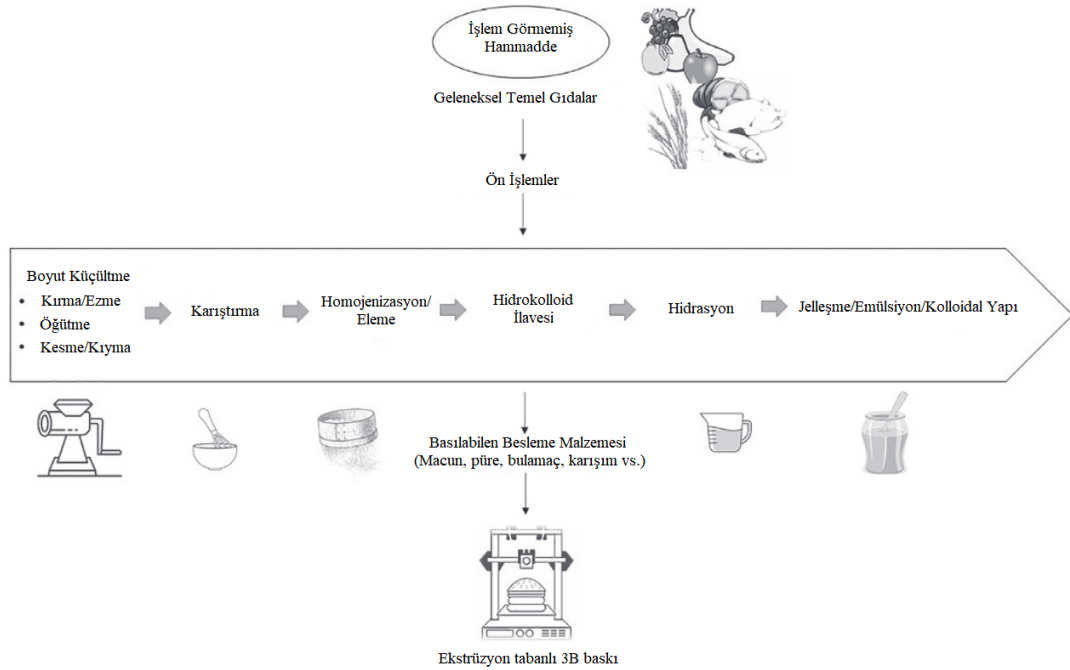
2.2.3.1. Ekstrüzyon

Ekstrüzyon metodu, geleneksel plastik eritici FDM yazıcılarına benzerlik göstermektedir. Bu yöntem, sıcaklık vasıtasıyla eriyen malzemenin motor gücüyle nozülünden (eritici ağız, meme, duy, şırınga ucu) ekstrüde edilmesi ve katmanlı olarak biriktirilmesi esasına dayanmaktadır (Şekil 2.8). Yarı katı bir macun, püre veya bulamaç sürekli olarak katı benzeri elastik davranış göstererek akış sergilemektedir. Dolayısıyla ekstrüzyon yönteminde reolojik davranışlar bilhassa viskozite başarılı bir basınç gerçekleştirmek için önemli faktörlerden birisidir. Ekstrüde edilen gıda karışımı hava akımı, kızılötesi ışın, lazer gibi işlemlerle veya bu işlemler olmaksızın yüzeyde katılaşabilmekte ve bir sonraki ekstrüde edilen gıda karışımı için sert bir yüzey oluşturmaktadır. Böylelikle katmanlar serilebilmekte ve yukarıya doğru yükselebilmektedir (Anandharamakrishnan vd., 2022).



Şekil 2.8. Ekstrüzyon tabanlı 3B baskı (Anandharamakrishnan vd., 2022)

Gıda karışımlarının çoğu bu teknik kullanılarak başarılı bir şekilde 3B olarak basılabilir. Ancak baskıda önemli olan nokta akış davranışını ve basılabilirliği geliştirilmesi için basım öncesinde gıda karışımının doğru bir şekilde hazırlanarak baskıya hazır hale getirilmesi gerekmektedir. Kurutma, konsantre etme gibi nem azaltma ön işlemleri basılabilirliği geliştirebileceği gibi tam aksine basımı da zorlaştırabilmektedir. 3B baskıda gıda malzemeleri yazdırılabilir, yazdırılmaz ve alternatif bileşenler olarak sınıflandırılmaktadır. Yazdırılmaz ve alternatif bileşenlere, baskı kalitesini artırmak amacıyla ksantan gam, guar gam, akasya gamı ve sodyum aljinat gibi hidrokolloidler eklenebilmektedirler (Şekil 2.9). Jelatinleşme, jelleşme ve emülsifikasyon gibi özellikler ekstrüzyon esaslı 3B baskıda basılan katmanların stabilitesini destekleyen temel mekanizmalardır. Bu yöntemle genelde çikolata, hamur, yumuşak peynir gibi yapılar yaygın bir şekilde basılabilmektedir (Anandharamakrishnan vd., 2022; Godoi vd., 2016).



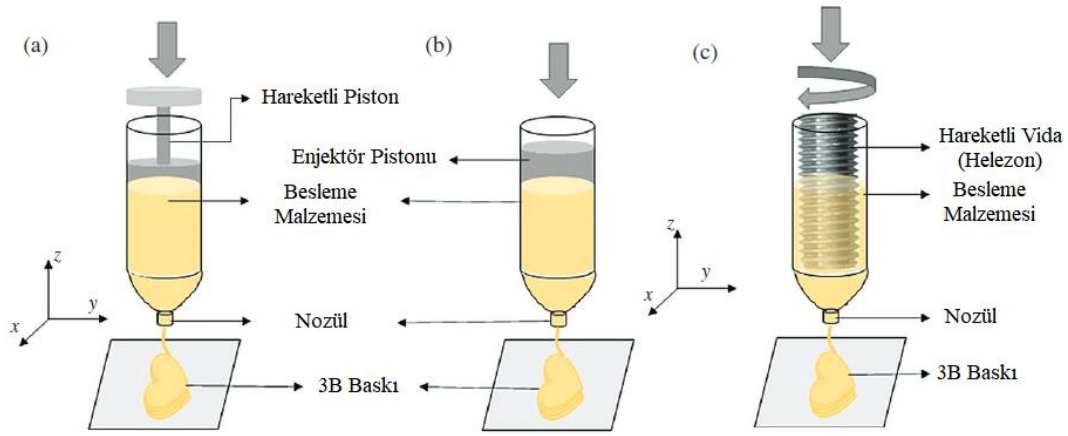
Şekil 2.9. Yazdırılmaz hammaddelerin basılabilir hale getirilme aşamaları
(Anandharamakrishnan vd., 2022)

Ekstrüzyon yöntemi kullanılan hammaddenin yapısına göre sıcak, soğuk ve hidrojel oluşturan ekstrüzyon olmak üzere üçe ayrılmaktadır.

Sıcak Ekstrüzyon (Hot-Melt Extrusion)

Bu yöntem ilk olarak polimerlerin ve seramiklerin 3B baskısı için kullanılmaya başlanmıştır. Gıda uygulamaları göz önüne alındığında ısı uygulamasıyla erime ve katılma davranışı gösterebilen gıdalar için kullanılmaktadır. Proses, eriyebilen yarı katı gıda maddesinin hareketli bir FDM yazdırma başlığından, kartuştan veya şırıngadan sıcak bir nozüle ulaşarak buradan eriyik halde ekstrüde edilmesine dayanır. Biriken katmanlar hızlı bir şekilde soğuyup katılaştıktan sonra sonraki katmanlar birbirine bağlanacaktır. Her gıda bileşeninin erime noktası farklı olacağından dolayı sıcaklık hassas bir şekilde kontrol edilmelidir. Bu yöntem çoğunlukla çikolata, nişasta, protein jelleri vb. gıdaların 3B baskısı için tercih edilmektedir. Örneğin çikolata içerisinde bulunan kakao yağının erime noktası baskı için önemli olduğu belirtilmiştir. Kararlı bir 3B yapı elde etmek için reolojik ve termal özelliklerin arasındaki ilişki, akma gerilimine dayalı stabilite kriterleri gibi unsurlar baskının deformasyonu ve dayanıklılığı üzerine etki etmektedir. Nişasta, 3B gıda baskısı için önemli bir makro bileşen olduğu belirtilmektedir. Son zamanlarda bu yöntem kullanılarak nişasta bazlı 3B baskı araştırmaları dikkat çekmektedir. Nişasta süspansiyonları ısıtılma işlemi tabii tutulduğunda, nişasta granülleri suyu emmesinden dolayı şişmekte ve jelatinleştirme işlemi yoluyla daha belirgin bir jel matrisi elde edilebilmektedir. Dolayısıyla bu durum, ekstrüzyon sırasında gıda maddesinin düzgün ve sürekli akışına, ekstrüzyon işlemi sırasında ve sonrasında basılı katmanlardaki yapısal stabiliteye yardımcı olan viskoelastik ve tiksotropik davranışa sahip bir nişasta jeli elde edilmesine olanak sağlamaktadır (Anandharamakrishnan vd., 2022). Mısır, patates ve pirinç nişastası bu yöntem için sıklıkla kullanılan nişasta türleridir. Çalışmalar, 70-75°C baskı sıcaklığında ağırlıkça % 20 konsantrasyona sahip mısır nişastasının ve 75-80°C’de ağırlıkça % 15-20 konsantrasyona sahip pirinç nişastasının sıcak (eriyik) ekstrüzyon yöntemi için uygun olduğunu göstermiştir. Ek olarak karakteristik yüksek derecede polimerizasyon nişasta jellerine viskozite ve genişleme davranışı kazandırmaktadır (Zeng vd., 2020). Diyabet, obezite gibi hastalıklardan ötürü darı, tapyoka vb. farklı nişastalar ile ilgili de detaylı çalışmaların son zamanlarda artacağı düşünülmektedir.

Sıcak veya soğuk ekstrüzyon farketmeksizin piston tabanlı, enjektör tabanlı ve helezon (vida) tabanlı olmak üzere üç farklı itiş çeşidi bulunmaktadır (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. Farklı itişli ekstrüzyon çeşitleri (a) Piston tabanlı ekstrüzyon (b) Enjektör tabanlı ekstrüzyon (c) Helezon tabanlı ekstrüzyon (Anandharamakrishnan vd., 2022)

Soğuk Ekstrüzyon (Cold Extrusion)

Oda sıcaklığında ekstrüzyon olarak da bilinen bu yöntemde sıcaklıkla beraber malzemenin yapısında değişikliğe ihtiyaç duymadan ekstrüde edilebilmesine dayanmaktadır. 3B basılabilecek makarna ürün hamurları, irmik ve su karışımının sıcaklık uygulamaksızın ekstrüde edilebilmesiyle gerçekleştirilmektedir. Benzer şekilde şeker dolguları ve süslemeler bu yöntem kullanılarak yapılabilmektedir. Sert veya yarı sert karışımlar bu yöntem için uygun olmamakla birlikte yumuşak kıvamdaki karışımlar için daha uygulanabilir olmaktadır. Basılması istenen gıda karışımlarının sadece yeterli akma gerilimine ve elastik modüle sahip olması yeterli olmamaktadır. Ayrıca ekstrüzyondan sonra istenen baskı şekli için katmanların birbirine tutunmaları için kayma incelmesi eğilimine de sahip olmaları gerekmektedir. Dolayısıyla sıcaklık daha az önemli olsa da malzemenin tutarlılığı ve akış davranışı sıcak (eriyik) ekstrüzyon yönteminde olduğu gibi bu yöntemde de önemini kaybetmemektedir. Reolojik özelliklerin yanı sıra parçacık boyutu ve kristallik gibi etmenler soğuk ekstrüzyonda baskı kalitesini etkilemektedir (Anandharamakrishnan vd., 2022).

Tahıl bazlı hamurlar, yumuşak peynir, kremalı fıstık ezmesi, pasta kremları, reçel, jöle, humus, çikolata kremları vb. gıdaların soğuk ekstrüzyon yöntemine uygun olduğu belirtilmektedir. Bir çalışmada baskısı gerçekleştirilemeyen surimi (su ürünlerinden yapılan bir çeşit sos) macunu mikrobiyal transglutaminaz enzimi ilavesiyle basılabilmektedir. % 0.2 - 0.3 oranında enzim ilavesinin, surimi macununun basılabilirliğini iyileştirdiğini tespit etmişlerdir. Tüm baskı işlemleri oda sıcaklığında (20°C) ekstrüzyon yöntemiyle gerçekleştirilmiştir (Anandharamakrishnan vd., 2022). Sıcak ekstrüzyonda sıcaklık ayarlanabildiği için baskılar yarı pişmiş bir şekilde tüketilebilmektedir. Ancak soğuk ekstrüzyonda ısı işlem gerçekleşmediği için doğrudan tüketilmesi beklenen gıdaların tüketilebilmesi için baskı sonrası pişirme, kızartma ve fırınlama gibi ek işlemlere ihtiyaç duyulabilmesi olasıdır (Krishnaraj vd., 2019).

Hidrojel Ekstrüzyon (Hydrogel-Forming Extrusion)

Hidrojel oluşturan ekstrüzyon, hidrokolloid solüsyonlarının polimerik sertleştirme veya jel oluşturma havuzunun içerisine ekstrüzyon işlemidir. Bu yöntemde solüsyon çözeltisinin sıcaklığı, havuzuna ekstrüde edilen damlacıkların kararlılığını belirlemektedir. Jel damlacığının çapı yaklaşık 0.2-0.5 mm arasında değişmektedir. Birikme esnasında pürüzsüz, belirgin bir katman oluşmaktadır. Polimerik çözeltinin reolojik özelliği ve jelleşme özelliklerinin, hidrojellerin baskısı üzerinde önemli etkisi olmaktadır. Baskı işlemi sırasında, sıvı haldeki polimer çözeltisi havuz içerisinde stabil bir jel haline dönüşmektedir (Anandharamakrishnan vd., 2022). Bir çalışmada çilek aromalı fakat ahududuya benzer yapıda yeni bir ürün üretmek amacıyla ticari olarak temin edilebilen hidrojel yazıcılarından biri olan Dovetailed (İngiltere) cihazında baskı denemeleri yapılmıştır. Soğuk haldeki kalsiyum klorür çözeltisine çilek aromalı sodyum jeli damlatılarak kürecikler elde edilmiş ve yazdırma kafası sayesinde de ahududu meyvesine benzer bir yapı oluşturulmuştur (Molitch-Hou, 2014). Başka bir çalışmada % 7 oranında jelatin ve aljinat jeli (1:2) karışımı ile biyo-iskele (bio-scaffold) baskısı gerçekleştirilmiştir. Hidrojellerin baskı sonrası dondurularak kurutulması, ürünün mekanik özelliklerini ve raf ömrünü artırdığı tespit edilmiştir. Ayrıca mikro yapı analizi sonucunda 3B baskılı biyo-iskelenin boşluk veya gözenekli kısımlarında probiyotikler, enzimler, vitaminler, mineraller ve antioksidanlar gibi biyoaktif bileşiklerin kapsül halinde tutunduğu veya taşındığı gözlemlenmiştir. Ancak mikrobelerin,

mikroenkapsülasyon veya nanoenkapsülasyon halinde ilave edildiği takdirde 3B yazıcıların hem mekanik hem de yazılımsal olarak modifiye edilmesi gerektiği belirtilmektedir (Anandharamakrishnan vd., 2022).

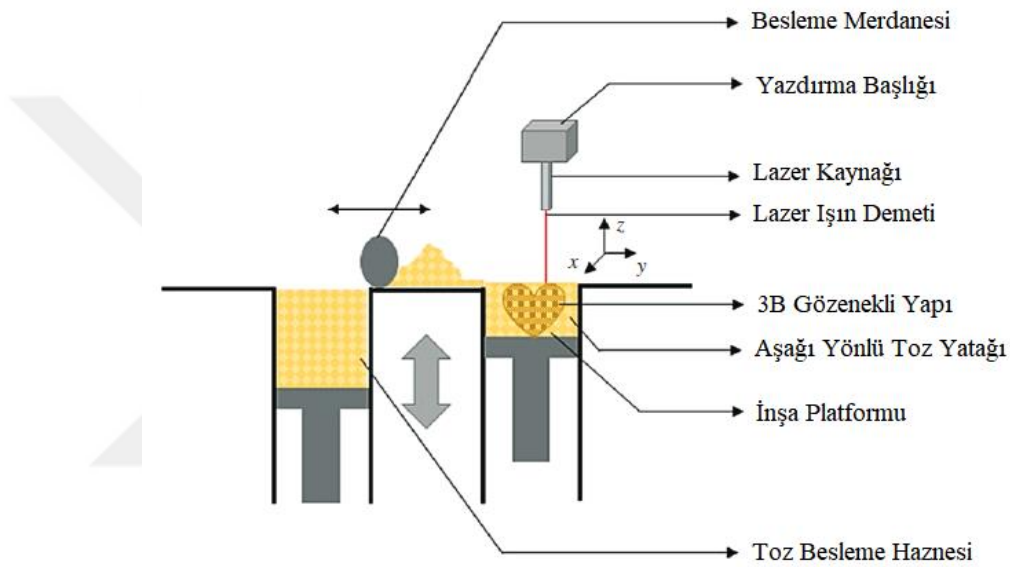
2.2.3.2. Seçici Sinterleme (Selective Sintering)

Seçici sinterleme, termal/güç kaynağı olarak bir lazer veya sıcak hava kullanılarak bir 3B yapı oluşturmak için toz halindeki malzemeleri birbirine kaynaştırma işlemidir. Güç kaynağı, istenen 3B yapının üretilmesi için toz haline getirilmiş parçacıkları seçici bir şekilde katman katman birleştiren toz yatağına uygulanmaktadır. Yapının her kesitinin iki boyutlu taranmasından sonra, yeni bir toz tabakası Z eksenı boyunca aşağı yönde hareket eder ve 3B yapı sinterlenmiş olur. Baskı işlemi tamamlandıktan sonra kaynaşmamış tozun temizlenmesi için baskı sonradan işlenebilmekte ve böylece 3B baskıların düzgün bir şekilde sonlandırılması sağlanmaktadır. Sinterleme işlemi daha çok metal ve seramik 3B baskılar için uygulanmaktadır. Gıda alanında ise şeker bazlı 3B baskılı ürünlerin geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Gıdalara uygulandığında bu tekniğin avantajı, kaynaşmamış toz parçacıklarının bir sonraki katman yazdırılırken kullanılabilmesi ve karmaşık iç tasarımları uygulanabilir kılmasıdır. Ekstrüzyon yöntemiyle karşılaştırıldığında, seçici sinterleme işlemi, asılı kalan 3B yapıların daha yüksek çözünürlükle oluşturulmasına olanak sağlayabilmektedir. Ancak sinterleme işlemi şeker, nişasta gibi toz malzemelerle sınırlıdır. Bu sınırlamanın, sinterleme teknolojisinin tasarım özgürlüğü, yüksek üretkenlik ve verimi ile ileriki zamanlarda ortadan kalkabileceği düşünülmektedir (Anandharamakrishnan vd., 2022). Seçici sinterleme yöntemi kullanılan güç kaynağına göre seçici lazer sinterleme ve seçici sıcak hava sinterleme olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

Seçici Lazer Sinterleme (Selective Laser Sintering)

Bu yöntemde bir lazer termal/güç kaynağı, sinterleme işlemi boyunca parçacığın aglomerasyonuna neden olan besleme malzemesi toz yatağına uygulanmaktadır. Bu teknik çok katmanlı 3B gıda yapılarının inşası için tercih edilebilmektedir. İşlem, bir 3B yapı oluşturmak için hidrojel yöntemindeki gibi sıvı bağlayıcılar kullanılmadan malzemelerin yüzeysel olarak eritilmesini ve ergimesini içerir (Şekil 2.11). Hollanda Uygulamalı Bilimsel Araştırma Merkezi'ndeki (TNO) araştırmacıların, bu teknolojiyi özel aromaya sahip şeker bazlı 3B yapılar için kullandıkları belirtilmektedir. Yeni kırılğan bir doku kazandırabildiği için bu

yöntemde, baskı sonrası mikro yapı ve gözeneklilik üzerinde dikkatli bir şekilde durulması gerekmektedir. Ayrıca bazen baskılı nesnelerde, lazer ışınlamanın etkisiyle yüzey deformasyonu ve büzölmeler de görölebilmektedir. Sadece şekerler, lipidler ve nişastalar gibi düşük erime noktalarına sahip malzemeler düşük sinterleme hızı ile sınırlıdır. Bu teknik gıda dışı sektörlerde özellikle doku mühendisliği ve farmasötik formülasyonlarda yaygın bir şekilde uygulama alanı bulmuştur. Bununla birlikte, nutrasötiklerin veya fonksiyonel biyoaktif vb. bileşikler içeren 3B baskılı gıdaların konu olduğu araştırmaların yakın gelecekte yapılabileceği öngörülmektedir (Anandharamakrishnan vd., 2022).



Şekil 2.11. Seçici lazer sinterleme tabanlı 3B baskı (Anandharamakrishnan vd., 2022)

Seçici Sıcak Hava Sinterleme ve Ergime (Selective Hot Air Sintering and Melting)

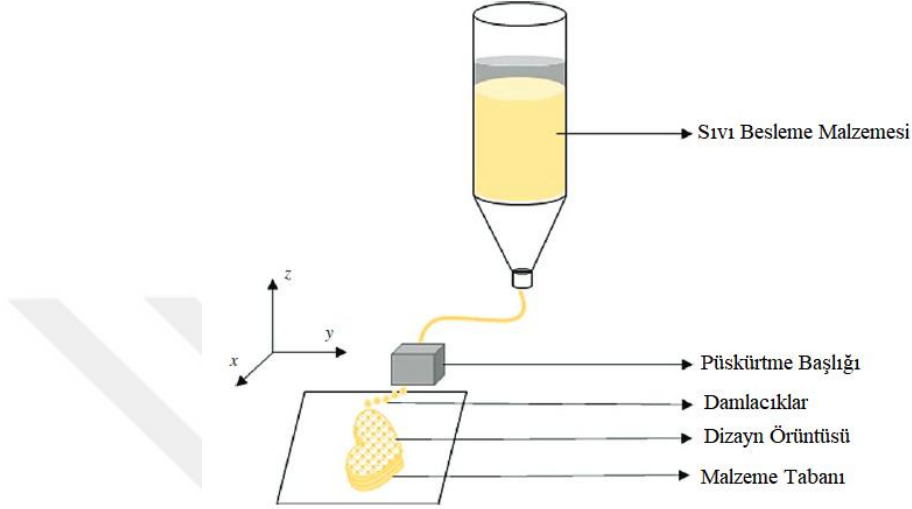
Bu yöntemde önceki teknikten farklı olarak termal/güç kaynağında lazer yerine sıcak hava kullanılmaktadır. Toz halindeki malzeme beslemesini kaynaştırmak için sıcak hava kullanıldığından geri kalan kısım benzerdir. Araştırmacılar, baskılı katmanların ergimesi için ısıtma ortamı olarak sıcak havayı kullanarak şeker bazlı 3B yapıları başarıyla yazdırabilmişlerdir. Genel olarak, herhangi bir kümelenmiş büyük partikül içermeyen serbest akışlı toz, sinterleme işlemi için uygun olmaktadır. Ancak, toz halindeki malzeme yeterince yapışkan olmalı ve bitişik moleküllerin temas noktalarına kaynaşmak için topaklanma eğilimine sahip olmalıdır. Katman kalınlığının 3B yapıların mekanik dayanımı ile ters orantılı olduğu bildirilmiştir. Sonuç olarak, ince tabakalar, üretilen yapıların azaltılmış gözenekliliği ile daha

yüksek mekanik mukavemete sahiptir. Ayrıca, tozların parçacık boyutu, 3B baskılı numunelerin kalitesini büyük ölçüde etkilemektedir (Anandharamakrishnan vd., 2022). Diaz vd. (2018), yüksek derecede baskı hassasiyeti ve çözünürlüğü ile sinterleme sürecini tamamlayarak çok malzemeli 3B yapının üretimine yönelik patent çalışmaları yapmışlardır. Toz yatağı, 3B yapıya yığın ve yapı iskelesi işlevi sağlayan taban olarak kalmakta ve bağlayıcı bileşenin parça parça sinterlemesi ile kaynaşmakta olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca farklı erime sıcaklıklarına sahip iki veya daha fazla bağlayıcının bir arada kullanılmasının daha iyi baskı performansı gösterdiği belirtilmiştir (Liu ve Zhang, 2019). Baskı performansının geliştirilebilmesi için yapısal ve bağlayıcı malzemelerin optimizasyonu ve karakterizasyonu henüz ayrıntılı olarak incelenememiş ileriiki dönemlerde farklı çalışmalar ile ortaya konulması beklenmektedir.

2.2.3.3. Malzeme Püskürtme (Material Jetting)

Son on yıldır uygulamada olan bir başka 3B baskı teknolojisi de malzeme püskürtmedir. Bu teknoloji mürekkep püskürtmeli (inkjet) geleneksel baskı teknolojisine benzerlik göstermektedir. Ofislerde kullanılan çoğu yazıcı (kağıt üzerine mürekkep püskürtme) aynı prensiple çalışmaktadır. Gıda alanında ağırlıklı olarak 2 boyutlu formlarda kek ve hamur işleri üzerindeki yüzey süslemelerinde kullanıldığı belirtilmektedir. Daha sonra aynı prensiple, gıda malzemelerinin 3B tasarımlarını üretmek için de uygulanmış ve başarılı olunmuştur. Malzeme püskürtmeli baskı, sıvı benzeri bulamaç halindeki malzemenin damlacıklar şeklinde kontrollü birikimini içermektedir (Şekil 2.12). Bu teknolojinin en büyük avantajı, isteğe bağlı malzeme püskürtmeli baskı yöntemine dayalı olarak malzemenin israf olmadan hassas bir şekilde kullanılabilmesidir. Yazdırma başlığı, damlacıkları püskürtmek için termal tabanlı ve piezoelektrik tabanlı çalıştırma olmak üzere iki tür çalıştırma işlemi kullanılmaktadır. Termal enerji ısıyan malzemenin nozülünden damlacık halinde itilmesi için ihtiyacı olan basıncı oluşturmak için kullanılmaktadır. Piezoelektrik kullanılan başlıklarda ise malzemenin homojen olarak damlacıklara ayrılması için elektrik enerjisinden faydalanılmaktadır. Bu enerjinin oluşturabilmesi için başlık içine piezoelektrik voltaj uygulanması gerekmektedir. Malzeme püskürtmeli baskı için kullanılan hammadde sıvı bazlı olduğundan, 3B yapıları tutacak mekanik dayanım güçlü olamamaktadır. Bu nedenle, bu teknoloji, şekillerin 2B formlarda basılması için yaygın olarak benimsenmiştir. Malzeme püskürtme

teknolojisi kullanılarak 2B ve 3B tasarım desenlerinin basılmasının başarısı, gıda damlacıkları ile alt tabakanın uyumluluğuna bağlı olmaktadır. Gıda damlacıklarının reolojik özellikleri, baskı sıcaklığı ve baskı hızı gibi faktörler de son ürün kalitesini ve performansını önemli ölçüde etkilemektedir (Anandharamakrishnan vd., 2022; Godoi vd., 2016; Özdemir, 2022).



Şekil 2.12. Malzeme püskürtme tabanlı baskı (Anandharamakrishnan vd., 2022)

İsteğe Bağlı Malzeme Püskürtmeli Baskı (Drop-On-Demand Inkjet Printing)

Bu baskı yönteminde, gıda damlacıkları gerektiği şekilde uygun aralıklarla biriktirilmektedir. Esas olarak damlacıklar, bir valf tarafından uygulanan basınç altında baskı kafasından püskürtülmektedir. Basılı katmanların yapışkanlığı ve bağlayıcılığı ile alt tabaka yüzeyi arasındaki uyumluluğa dikkat edilmesi gerekmektedir. Kesintisiz baskı için uygun bir viskozite ile akışkanlığın gerekli olduğu bildirilmektedir. İyi bir baskı hassasiyeti elde etmek optimize edilmesi gereken gıda damlacıklarının viskozitesine, sıcaklık ve malzeme bileşimine bağlıdır. Termal veya piezoelektrik başlıkların kullanılmasına dayalı olarak çalışan bu sisteminin çok kafalı çalışması için 100 ile 1000 arası püskürtme kafası kullanılabilir. Bu yöntem daha çok düşük viskoziteli malzemelerin dekorasyonu için uygundur. Bu amaçla ticari olarak "FoodJet" marka malzeme püskürtmeli yazıcı, özelleştirilmiş pizza tabanı ve bisküvi dolgu baskısı için gıda damlacıklarını pnömatik sistem ile gıda alt tabakası üzerine yazdırmışlardır (Anandharamakrishnan vd., 2022).

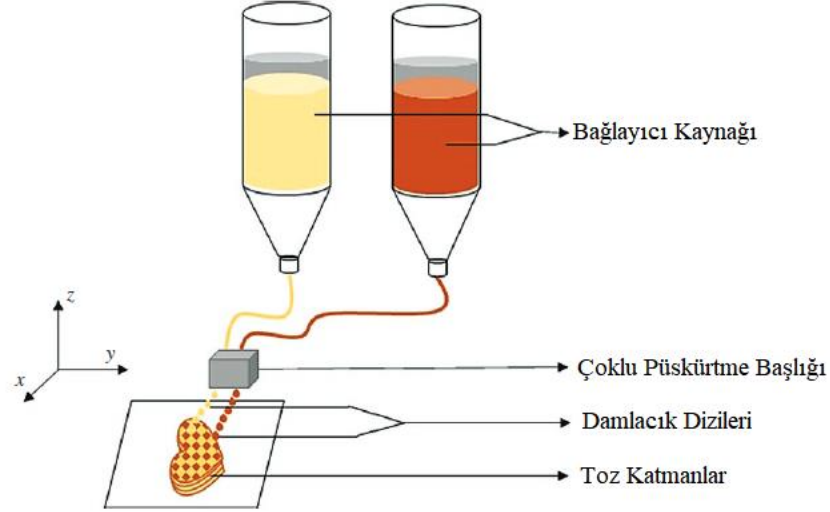
Sürekli Malzeme Püskürtmeli Baskı (Continuous Inkjet Printing)

Sürekli malzeme püskürtmeli baskıda, yenilebilir gıda damlacıkları, sabit bir frekansta piezoelektrik titreşim aracılığıyla herhangi bir duraklama olmaksızın sürekli olarak uygulanmaktadır. Yüksek basınçlı bir pompa, sıvı gıda damlacıklarını 50 ila 80 µm arasındaki küçük çaplı bir delikten geçirerek sürekli bir akış oluşturmaktadır. Bazı durumlarda, yük vermek için gıda damlacıklarına iletken maddeler dahil edilerek malzemenin akışkanlığı sağlanabilmektedir. Ancak, verimliliği artırmak için elektrik yüklü iletken maddelerin kullanımı, gıda özelleştirmesindeki uygulama olanaklarını sınırlamaktadır. Sürekli malzeme püskürtmeli baskının damlacık oluşturma hızı, isteğe bağlı malzeme püskürtmeli baskıdan nispeten daha yüksektir. Bununla birlikte, isteğe bağlı malzeme püskürtmeli baskıdan üretilen şekillerin çözünürlüğü ve doğruluğu, diğer faktörler sabit kaldığında sürekli malzeme püskürtmeli baskıya göre daha üstün olmaktadır (Anandharamakrishnan vd., 2022).

2.2.3.4. Bağlayıcı Püskürtme (Binder Jetting)

Bağlayıcı püskürtme, toz haline getirilmiş malzemenin bir sıvı bağlayıcıya seçici olarak dağıtılmasıyla katmanlı bir şekilde birleştirildiği yöntem olarak tanımlanmaktadır. İşlem, yazdırma başlığından sıvı çözeltilinin püskürtülerek doğrudan ergime yoluyla toz haline getirilmiş katmanlar üst üste birikmektedirler. Burada bağlayıcı, bir katmanın enine kesitini sonraki katmanla birleştirerek 3B bir nesne oluşturmaktadır (Şekil 2.13). Bağlayıcı püskürtme tekniğinin çalışma prensibi, malzeme püskürtmeli baskıya benzemektedir. Tek fark gıda damlacıkları yerine sıvı bağlayıcı damlacıklar püskürtülmektedir. Ayrıca bağlayıcı püskürtme, malzeme kaynağının mikro ve makro yapıları üzerinde hassas kontrol ile karmaşık 3B gözenekli yapılar üretmemize olanak tanımaktadır. Erimemiş toz malzemeler, baskı tamamlandıktan sonra kolayca çıkarılabilen ve daha sonra kullanılmak üzere geri dönüştürülebilir bir 3B yapının üretimi sırasında bir destek görevi görmektedir. Bağlayıcı püskürtme teknolojisinin önemli özelliklerinden biri, farklı renk veya gıda bileşeni katmanlarına sahip 3B yapıları üretebilmesidir. Sıvı bağlayıcı bileşimindeki çeşitlilik; karmaşık, hassas ve çekici renkli 3B nesnelerin oluşturulmasına yardımcı olmaktadır. Bu yöntemde olabildiğince sıvı bağlayıcılar kullanıldığından nem gidermek için ek bir kurutma işlemi gerekebilmektedir. Kurutma işlemi ayrıca 3B yapının stabilitesini ve mekanik bütünlüğünü geliştirmektedir. Bu yöntem, gıda

uygulamaları göz önünde bulundurulduğunda gıda güvenliği açısından sadece toz malzemelere uygulanabilir olması ve yenilebilir sıvı bağlayıcısı kullanımından dolayı oldukça sınırlıdır (Anandharamakrishnan vd., 2022; Vithani vd., 2019).



Şekil 2.13. Bağlayıcı püskürtme tabanlı 3B baskı (Anandharamakrishnan vd., 2022)

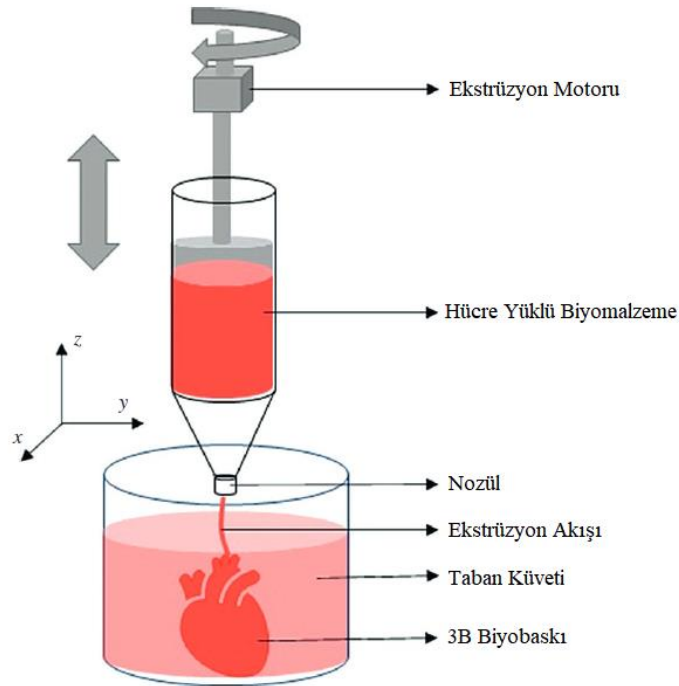
2.2.3.5. Biyobasım (Bioprinting)

3B biyobasım; tıp, malzeme bilimi ve makine mühendisliği ile yakından ilgili disiplinler arası bir bilim dalıdır. 3B biyobaskı, 3B doku ve organlar gibi canlı yapıları oluşturmak için hücresel bileşikler içeren biyo-malzemelerin ekstrüzyon, damlacık esaslı biyobasım ve fotokürleme esaslı biyobasım yöntemlerinden biriyle uygulanmasıdır. Organ nakli ve doku mühendisliğine yönelik talepler biyobasım tekniğini son zamanlarda öne çıkarmaktadır. Gıda alanına baktığımızda ise biyobaskı, hücre kültürlü et üretimine yeni bir perspektif getirmiştir. In-vitro yöntemlerle yapay olarak kültürlenmiş et, tüketicilerin artan protein talebi için umut verici bir çözüm olabileceği belirtilmektedir. Yenilebilir et üretimi için biyobaskı uygulaması, hem ekonomik hem de çevresel faydalara sahip avantajlarından dolayı gelecekte büyük bir potansiyele sahiptir (Anandharamakrishnan vd., 2022). Literatürde bildirilen 3B baskı çalışmalarının çoğu, doğal et karışımlarının basılabilirliği üzerinedir. Yapay olarak kültürlenmiş in-vitro etin hücresel gelişimi hakkındaki çalışmalar kısıtlıdır. Vegan diyeti hakkında artış gösteren farkındalık, et analoglarının üretimindeki alternatif fırsatların değerlendirilmesi gerektiğini ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle, malzeme seçimi, gıda güvenliği, yenilebilirlik durumu ve suni etin kabul edilebilirliği hususlarında değerlendirme yapılarak, kültürlü etin

biyobasımının daha iyi anlaşılması için gelecekte bu konudaki araştırmalar artmalıdır.

Ekstrüzyon Esaslı Biyobasım (Extrusion-Based Bioprinting)

Ekstrüzyon tabanlı biyobaskı, çok yönlülüğü ve satın alınabilirliği nedeniyle en yaygın kullanılan 3B biyobaskı yöntemlerinden biridir. Proses, biyofilamentlerin malzeme substratı üzerinde biriken ve böylece istenen 3B yapıyı oluşturan mikro ölçekli bir seviyede sürekli ekstrüzyonunu içermektedir (Şekil 2.14). Substrat, katı (kültür petri kabı), sıvı (büyüme ortamı) veya jel matris olabilir (Ozbolat ve Hospodiuk, 2016). Ekstrüzyon tabanlı 3B biyobaskı için dikkat edilmesi gereken çeşitli işlem parametreleri nozül çapı, ekstrüzyon hızı, ekstrüzyon basıncı, hareket hızı ve sıcaklıktır. Bu teknik için sistem, kullanılan çalıştırma yöntemine göre; vidalı, pistonlu ve pnömatik olmak üzere üç farklı şekilde kategorize edilebilmektedir. 3B yapı iskelelerinin başarılı bir şekilde üretilmesi için biyomalzemenin viskozitesi ve alt tabaka malzeme özelliklerinin dikkate alınması gerektiği belirtilmektedir (Anandharamakrishnan vd., 2022).



Şekil 2.14. Ekstrüzyon esaslı biyobasım (Anandharamakrishnan vd., 2022)

Damlacık Esaslı Biyobasım (Droplet-Based Bioprinting)

Damlacık bazlı biyobaskı, sürekli biyomalzeme biriktirmek yerine, bağımsız ve ayrık damlacıkların substrat yüzeyine damlatılmasını ve böylece bir 3B yapı oluşmasını içermektedir. Ekstrüzyon teknolojisiyle karşılaştırıldığında, damlacık tabanlı biyobaskı yüksek bir verime sahiptir ve daha yüksek hassasiyetle bir 3B yapı üretmektedir (Gudapati vd., 2016). Damlacık oluşturma ilkesine dayalı olarak damlacık bazlı biyobaskı; malzeme püskürtmeli biyobaskı, lazer destekli biyobaskı ve elektrohidrodinamik püskürtme olarak kategorize edilebilir (Gu vd., 2019).

Fotokürleme Esaslı Biyobasım (Photocuring-Based Bioprinting)

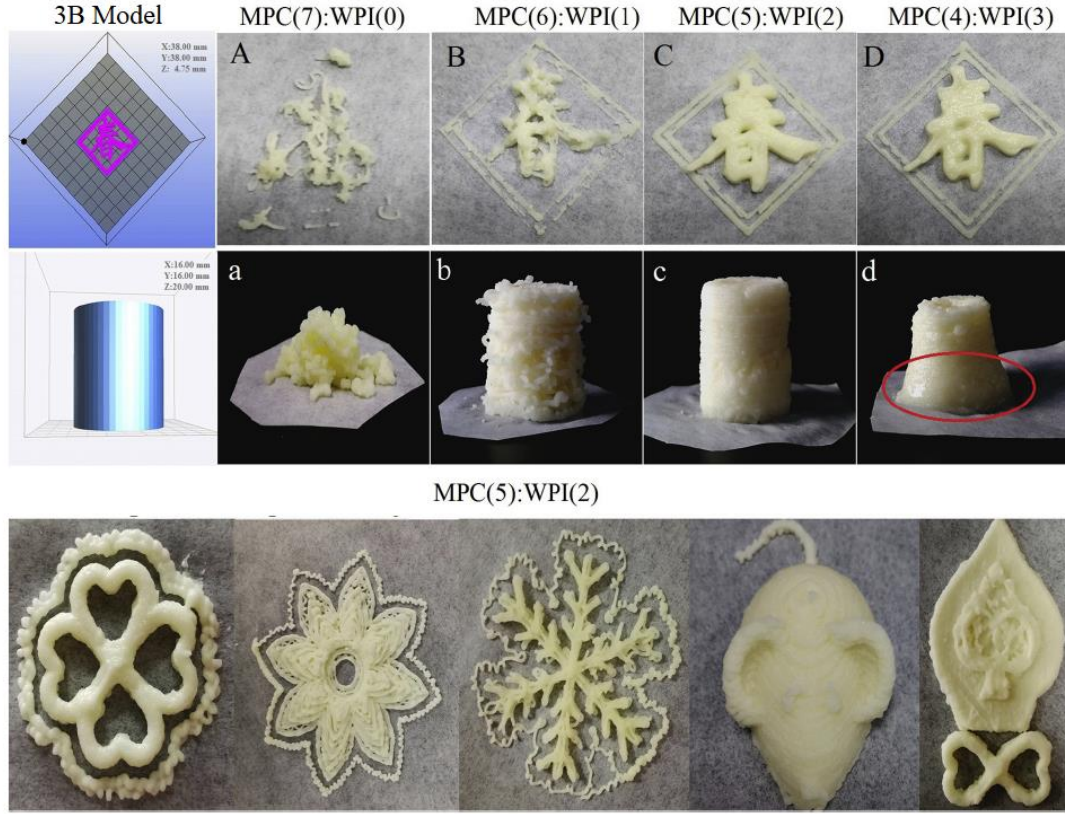
Fotokürleme tabanlı biyobaskı, hücresiz yapı iskelelerinin üretimi için ışığa duyarlı polimerlerin fotopolimerizasyonuna dayanmaktadır. Diğer biyobaskı yöntemleriyle karşılaştırıldığında, fotokürleme ile sertleştirme daha yüksek bir baskı hızına ve daha yüksek baskı çözünürlüğüne sahip olmaktadır. Fotokürleme sertleştirme tabanlı biyobaskıda, hücre canlılığını etkileyecek nozül tıkanması ve kayma gerilimi meydana gelmemektedir (Anandharamakrishnan vd., 2022).

2.2.4. Süt Ürünlerinde Üç Boyutlu Gıda Baskı Uygulamaları

Süt ürünleri yapıları itibarıyla, dış faktörlerin değişmesiyle, çabuk bozulabilen, tadı değişebilen ve farklı akışkan davranış gösterebilen kompleks yapılardır. Ekstrüzyona dayalı 3B baskı yöntemi için kullanılan viskoz yapıdaki süt ürünleri, nozülden rahat bir şekilde geçmesi ve katmanların birbirine yapışması için uygun viskoziteye sahip olmaları gerekmektedir. Bilhassa süt proteinleri, ısıl jelleşme özellikleri sebebiyle ekstrüzyona dayalı 3B baskıda birçok potansiyel avantaja sahiptir (Lee vd., 2020).

Süt proteini bazlı bir 3B baskı oluşturmayı amaçlayan ve peynir altı suyu izolatu konsantrasyonunun ve süt proteini konsantrasyonunun baskı performansı üzerine etkisini araştıran Liu vd. (2018) farklı oranlarda peynir altı suyu izolatu ve süt protein konsantrasyonu tozlarını macun kıvamına getirerek % 35 kuru madde içerecek şekilde hazırlamışlardır. Farklı oranlarda hazırlanan bu karışımın protein matrisinin reolojik özellikleri ve su dağılımı sırasıyla bir reometre ve düşük alanlı nükleer manyetik rezonans (LF-NMR: Low field nuclear magnetic resonance) ile ölçülmüştür. Baskıların mikro yapısındaki değişimler SEM (taramalı elektron mikroskobu) ile incelenmiştir. Yazdırılan nesnelerin geometrik doğruluğu ölçülüp değerlendirilmiştir.

Yazdırılan ürünlerin farklı görünüm ve fiziksel özellikler gösterdiği sonucuna varmışlardır (Şekil 2.15). Sonuç olarak reolojik veriler, peynir altı suyu izolatu konsantrasyonu varlığının görünür viskoziteyi azaltabileceğini ve süt protein konsantrasyonunun karışımı yumuşatarak baskı işlemine fayda sağlayabileceğini belirtmişlerdir.

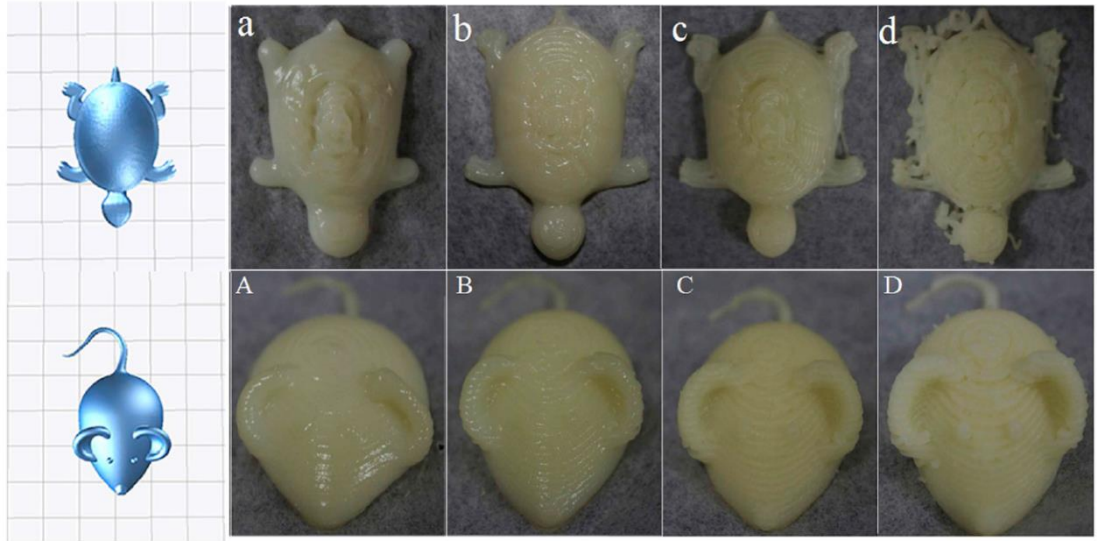


Şekil 2.15. Farklı oranlarda süt protein konsantrasyonu ve peynir altı suyu izolatu içeren karışımlardan yapılmış baskıların görüntüleri (Liu vd., 2018)

Le Tohic vd. (2018), yaptıkları çalışmada baskı malzemesi olarak ticari işlem görmüş peyniri temin ederek 3B baskı uygulamaları yapmışlardır. İşlem görmüş peynir, 75°C'de ve 12 dakikada eriyik kıvama geldikten sonra yüksek veya düşük ekstrüzyon hızlarında 3B yazıcı (modifiye edilmiş) kullanılarak baskı denemeleri yapmışlardır. İşlem görmemiş, eritilmiş ve baskılı peynirlerin karşılaştırmalı değerlendirilmesi; tekstür profili analizi, reoloji, kalorimetri ve CLSM (konfokal lazer taramalı mikroskopu) kullanılarak yapılmıştır. Eritme ve ekstrüzyonun peynirin özellikleri üzerine önemli derecede etkiye sahip olduğu bildirilmiştir. Eritilmiş ve basılmış peynir örnekleri, işlem görmemiş peynir örneklerine kıyasla % 49'a kadar önemli ölçüde ($p < 0.05$) daha az sert olduğu ve her ikisi de % 14-21 arasında değişen

daha yüksek eriyebilirlik dereceleri sergilediği gözlenmiştir. Sonuç olarak 3B baskının işlem görmüş peynirin özelliklerini önemli ölçüde değiştirdiğini ve yapıları geliştirmek için yeni potansiyel uygulamalar sunduğunu bildirmiştir.

Liu vd. (2019a), süt proteini konsantresi ile yapılan çalışmalarında konsantrenin sodyum kazeinat çözeltisine dağıtılmasıyla bir süt proteini kompozit jeli hazırlamışlardır. Yumuşak olan jelin reolojik ve mekanik özelliklerini karakterize etmeyi amaçlamışlardır. Sonuçlar, 400-450 g/L toplam protein içeren süt proteini jelinin en iyi baskı performansına sahip olduğunu, iyi bir doğruluğa ve modele en iyi şekilde uyduğunu belirtmişlerdir. Düşük alanlı NMR ve frekans süpürme verileri, protein jelinin kademeli olarak karışık bir durumdan, 3B baskı için faydalı olan toplam protein içeriğinin artmasıyla 3B bir yapıya dönüştüğünü ileri sürmüşlerdir (Şekil 2.16). Bu sebeple görünür viskozite, tiksotropi ve akma gerilimi de toplam protein içeriği ile birlikte doğru orantılı olarak artmıştır. Sonuç olarak ekstrüzyon tip 3B baskı için yumuşak malzemelerin kullanılabilirliğini değerlendirmek amacıyla reolojik özelliklerinin uygun olduğunu belirtmişlerdir.



Şekil 2.16. Farklı protein içeriğine sahip süt proteini jellerinden hazırlanan baskıların görüntüleri a) 350 g/L, b) 400 g/L, c) 450 g/L, d) 500 g/L (Liu vd., 2019a)

Liu vd. (2019b), yaptıkları çalışmada mikro akışkanlaştırma tekniği ile peynir altı suyu proteini ile stabilize edilmiş jel benzeri bir emülsiyon hazırlamışlardır. Yağ faz fraksiyonunun emülsiyonların fiziksel özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Reolojik analiz, bu emülsiyonların tiksotropik davranış sergilediğini ve görünür viskozitelerinin ve katı benzeri davranışlarının, yağ fraksiyonunun 0.3'ten

0.6'ya (v/v) yükselmesiyle arttığını gözlemlemişlerdir. Bahsedilen bu emülsiyonların mikro yapıları, damlacık büyüklüğü, dağılımı ve termal stabilitesi de sırasıyla bir elektron mikroskobu, DLS (dinamik ışık saçılması) ve DSC (diferansiyel tarama kalorimetrisi) kullanılarak karakterize edilmiştir. Emülsiyonların viskozitesi, artan yağ fraksiyonuna karşı üstel bir şekilde artmış ve iyi korelasyon katsayısı göstermiştir ($R^2>0.99$). Emülsiyondaki damlacıkların boyu 301 ± 3.6 'dan 597 ± 7.3 nm'ye yükselmiştir. DSC sonuçları, emülsiyonların kristal yapılarının kademeli olarak -15°C 'ten -21°C 'ye düştüğünü ve $\sim 3^\circ\text{C}$ 'de çözülmeye başladığını belirtmektedir. Emülsiyonların dokuları, görsel olarak, yağ fraksiyonunu değiştirerek esnekten sertliğe dönüştürebildiği, bu da çoklu potansiyel uygulamalara sahip olabileceğini gösterdiği kanısına varmışlardır. Yarı katı emülsiyonlar ekstrüzyon tip 3B gıda baskısı kullanılarak hassas şekillerde üretilmiştir. Varılan sonuçlar itibariyle bu emülsiyonların özelleştirilmiş fonksiyonel gıdalar gibi çeşitli uygulamalarda kullanılabilen katı benzeri bir yağ ikamesi olarak kullanılma potansiyeline sahip olabileceği bildirilmiştir.

Liu vd. (2021), yaptıkları farklı bir çalışmada peynir altı suyu izolatu ile yüksek sıvı yağ içerikli macun kıvamındaki gıda karışımlarının 3B baskısının zor olduğunu bildirmişlerdir. Bahsedilen çalışmada yağ içeriğinin bir model gıda macun karışımının basılabilirliği üzerindeki etkisini belirlemeyi amaçlamışlardır. Yüksek yağ içerikli (% 37'ye kadar) macun karışımları: Su, kanola yağı, mısır nişastası ve peynir altı suyu proteini izolatu (WPI-Whey protein izolatu) ile hazırlanmıştır. Çalışmada macun ürün bileşiminin, baskı hızının, ekstrüzyon hızının ve basılan şeklin basılabilirlik üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Viskozite ve kayıp tanjant değerleri, tüm macunların psödoplastik akışkanlar olduğunu ve ağırlıklı olarak elastik özellikler sergilediğini göstermiştir. Viskozite depolama modülü ve kayıp modülü baskılı kitlenin toplam kütlesi ile artış göstermiştir. Aşırı peynir altı suyu izolatu basılabilirliği azaltmış, mısır nişastası ise peynir altı suyu izolatına kıyasla depolama modülü ve kayıp modülü üzerinde olumlu etki göstermiştir. 4°C 'de saklama, viskoziteyi ve depolama modülünü artırarak basılabilirlik açısından iyileştirmiştir. DSC sonuçları, şişme ve jelleşmenin baskıların erime davranışını etkilediğini belirtmişlerdir.

Lee vd. (2020), yaptıkları çalışmada baskıda kullanılacak olan bileşenin reolojik özelliklerini değiştirerek, süt ürünlerinin oda sıcaklığında doğrudan malzemeye (DIW-Direct ink writing) 3B baskısını gerçekleştirmek için bir yöntem geliştirmişlerdir. Gıda ürünlerinin 3B baskısı, SLS (seçici lazer sinterleme) ve sıcak ekstrüzyon gibi farklı yöntemlerle kanıtlanmış olduğunu belirtmişlerdir. Fakat yüksek sıcaklık gerektiren yöntemler, sıcaklığa duyarlı besinlerden oluşan 3B modeller oluşturmaya uygun olmadığı gözlemlenmiştir. Süt, sıcaklığa duyarlı olan kalsiyum ve protein gibi besinler açısından zengin besinlerden biri olduğu bildirilmektedir. Soğuk ekstrüzyon yöntemi, reoloji değiştiricilerin eklenmesini ve çoklu bileşenlerin optimizasyonunu gerektirdiği bildirilmiştir. Bu sınırlama ele alınarak süt mürekkebinin basit bir formülasyonu ile soğuk ekstrüzyon ile sütün DIW 3B baskısını daha kolay uygulanabileceği kanısına varmışlardır.

Yapılan başka bir çalışmada, süt proteinlerinin peynir mayasına bağlı olarak jelleşmesi, 3B baskılı gıda yapılarının oluşumu için potansiyel bir yöntem olarak değerlendirilmiştir. pH, $[Ca^{2+}]$ ve sıcaklığın, % 15 (w/w) protein içerikli süt proteini dispersiyonunun peynir mayası jelleşme özellikleri üzerindeki etkileri düşük genlikli gerilme salınım reometresi kullanılarak değerlendirilmiştir. Reolojik ölçümler sırasında çevrimli bir sıcaklık rampası (ısıtma-tutma-soğutma), 3B baskı işleminde sıcaklık profilinin bir taklidi olarak jel sıkılığının gelişimini değerlendirmek için uygun olduğu bildirilmiştir. İki pH seviyesini (6.0-6.4), $[Ca^{2+}]$, (1.5-5.7 mM) ve sıcaklığı (31-40°C) dikkate alan faktöriyel bir tasarım, pH, sıcaklık ve etkileşimin jel oluşumunu ve elde edilen jelin gücünü artıran ana faktörler olduğunu göstermiştir. pH 6.0'da ve 40°C'ye yükseltile sıcaklıkta ve ardından 15°C'ye soğutulduğunda, çok yüksek bir jel mukavemeti (~8-9 kPa) elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar neticesinde, peynir mayası kaynaklı jelleşmenin yazdırılabilir süt formülasyonları geliştirmek için manipüle edebileceği kanısına varmışlardır (Uribe-Alvarez vd., 2021).

Daffner vd. (2021), yaptıkları çalışmada pH (4.8-5.4) kazein-peynir altı suyu proteini süspansiyonlarının formülasyon parametrelerinin yanı sıra peynir altı suyu proteini (% 2.0-3.0) ile karıştırılmış kazein içeriği (% 8.0-12.0 (w/w)) etkisi (% 2.0-3.0 (w/w)) ve peynir altı suyu proteinlerinin denatürasyonu (80°C, 10 dakika; ayarlanmış pH 6.55, 6.9 ve 7.1) dahil olmak üzere ön işleme parametrelerinin pH-sıcaklık yöntemiyle jel oluşumu üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Reolojik

ölçümler, artan ısıtma ve pH değeri ile jel geçiş sıcaklığının ($G' = 1 \text{ Pa}$) düştüğünü ve kazein-peynir altı suyu proteini süspansiyonlarının agregasyon hızının arttığını göstermişlerdir. Agregasyon oranı, formülasyonların 3B basılabilirliğini tahmin eden önemli bir parametre olarak kabul edilmiştir. Belirli bir birikme oranını aşarak, kazein-peynir altı suyu proteini süspansiyonlarının yazdırılabilir olduğu ve bunun sonucunda sağlam ve stabil jeller elde edildiği görülmüştür.

Du vd. (2021), konjac unu ile peynir altı suyu proteininin oluşturduğu jelin 3B baskısı ile ilgili yaptıkları çalışmada, konjac-whey protein jelinin 3B baskı performansını ve desteklenebilirliğini araştırmışlardır. Sonuçlar, peynir altı suyu proteini ile eklenen konjac jelinin depolama modülü (G') ve viskozite vb. dahil olmak üzere reolojik özelliklerinin iyileştirdiğini göstermiştir. Jellerin sertlik, çignenebilirlik ve yapışkanlık gibi dokusal özelliklerini de geliştirdiği belirtilmiştir. Mikroyapı analizi, peynir altı suyu proteini ilavesinin orijinal jel yapısını değiştireceğini ve daha yoğun bir jel ile yeni bir yapı oluşturacağını göstermiştir. Basılı ürünlerin destekleyici performansını ve ekstrüzyon işleminin akıcılığını da etkilemiştir. Elde edilen sonuçlara göre peynir altı suyu protein tozu ilavesinin jelin 3B baskı performansı üzerinde etkisi olduğu sonucuna varmışlardır. % 20 peynir altı suyu proteini eklenmesi, baskı performansını önemli ölçüde artırabileceğini öngörmüşlerdir.

Riantiningtyas vd. (2021), yaptıkları çalışmada yoğurt jeli, jelatin ve peynir altı suyu protein izolatu (WPI) miktarını değiştirerek farklı konsantrasyonlarda formülasyonlar hazırlamışlardır. Baskı öncesi reolojik ve dokusal özelliklerin değerlendirilmesi, jelatin konsantrasyonundaki artışın % 7.5'ten % 12.5'e (w/w) çıkarılmasının yoğurt jellerinin akma stresini, depolama modülünü, kayıp modülünü, sıklığını ve esnekliğini artırdığını göstermiştir. % 12 WPI'nın eklenmesi bu etkileri azaltmış; esnekliğe sahip daha yumuşak jeller oluşturmuştur. Bununla birlikte, bu jeller, özellikle daha yüksek jelatin konsantrasyonlarına sahip formülasyonlarda, baskıdan sonra kararlı bir şekil göstermiştir. Ekstrüzyon işleminin neden olduğu dokusal özelliklerdeki değişiklikler, 3B baskıdan sonra sertlik ve esneklikte önemli bir azalma ve yapışkanlıkta bir artış gözlemlendiğinden, yoğurt jelleri tasarlanırken dikkate alınması gerektiğini vurgulamışlardır. Daha kararlı ve iyi şekillendirilmiş 3B baskılı yoğurt jelleri, eğitimli bir duyusal panelist ekibi tarafından

değerlendirilmiştir. Görünüm, tat ve ağız hissi özelliklerinde WPI ve jelatinin birlikte kullanılmasıyla iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Chow vd. (2021), yaptıkları çalışmada limonlu mus formülasyonlarındaki jelatin (% 1-2 w/w), sitrik asit (% 0.9-1.5 w/w) ve peynir altı suyu proteini izolatu (WPI) (% 8-18 w/w) konsantrasyonlarının etkisini araştırmışlardır. Musların baskıdan önceki dokusal özellikleri, jelatin ve WPI konsantrasyonundan oldukça etkilenirken, sitrik asitten daha az etkilenmiştir. Jelatin, köpüklerde daha yüksek bir sertlik ve akma gerilimi veren bir jel sıkılaştırıcı etkiye sahipken, WPI jel yapısını yumuşatmıştır. Jelatinin jel sıkılaştırıcı etkisi, baskıdan sonra iyi depolama stabilitesine sahip 3B baskılı köpükler üretmek için faydalı olurken, WPI ilavesi, 3B baskılı köpüklerde daha belirgin katmanlar ve daha parlak bir yüzey sağlamıştır. Ekstrüzyon işlemi, köpük yapısını bozarak daha üniform bir hava kabarcığı dağılımı oluşturmuştur. Ancak köpüklerin sıklığını ve esnekliğini düşürmüştür. Yine de duyusal olarak çekici ve stabil 3B baskılı köpükler elde edilmiştir. Muslarda artan WPI konsantrasyonu, parlak görünümü, pürüzsüz dokuyu ve ağızda erime hissini iyileştirmiştir. Jelatinin jel sıkılaştırıcı etkisi ile ilişkilendirilen köpüklerde pürüzlü yüzeyi, topraklı ve kompakt dokuyu azaltmıştır. İyi basılabilirlik; stabilite ve yüksek tüketici kabulü ile proteinle zenginleştirilmiş 3B baskılı limonlu köpüklerin yapılan formülasyon tasarımı ile üretilebileceğini göstermiştir.

Cai vd. (2022), yaptıkları çalışmada yüksek yağ içeriğine sahip koyu-krema bazlı bir 3B baskı formülasyonu oluşturmuşlardır. Peynir altı suyu proteini izolatu (WPI), hidroksipropile nişasta ve karagenan oranlarının kremanın fizikokimyasal özellikleri ve baskı performansı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Yağ içeriği ağırlıkça % 20 olan kremayı hazırlamak için farklı WPI oranları (% 0-6), hidroksipropile nişasta (% 0-6.0) ve karragenan (% 0.05-2) kullanılmıştır. Düşük alanlı nükleer manyetik rezonans çalışması, WPI/hidroksipropillenmiş nişasta oranı 3:2 ve İrlanda yosunu içeriği % 0.5 olan koyu-kremada su dağılımının diğer numunelere göre daha homojen olduğunu göstermiştir. İrlanda yosunu içeriği, kremanın reolojik ve dokusal özellikleri üzerinde WPI ve hidroksipropillenmiş nişastadan daha büyük bir etki göstermiştir. Mikro yapı çalışması, tüm krema bir aylık depolamadan sonra stabil su içinde yağ emülsiyon formülasyonları olduğunu ileri sürmüştür. Ekstrüzyon tabanlı 3B baskı için toplam WPI/hidroksipropillenmiş

nişasta içeriği % 3-6 ve karagenan içeriği % 0.5 ile hazırlanan krema tercih edilebilir bulunmuştur.

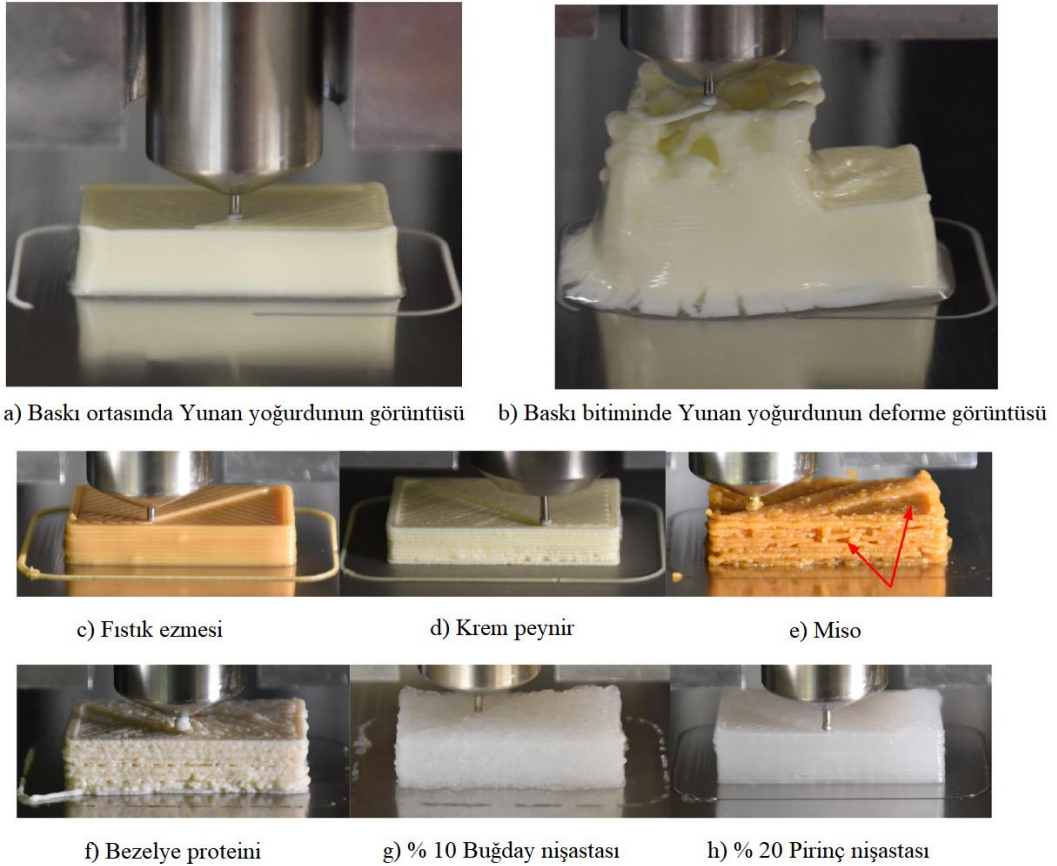
Lille vd. (2018), yaptıkları çalışmada ekstrüzyon tabanlı 3B baskı teknolojisinin protein, nişasta ve lif açısından zengin malzemelerden yapılan gıda formülasyonlarına uygulanabilirliği; sağlıklı ve özelleştirilmiş atıştırmalık ürünlerin geliştirilmesinde bir başlangıç noktası olarak değerlendirmişlerdir. Nişasta, selüloz nanolif, süt tozu, yulaf ve bakla proteini bazlı malzemelerin ve bunların karışımlarının basılabilirliği, ekstrüzyonun kolaylığı ve homojenliğinin yanı sıra basılan modelin hassasiyeti ve kararlılığı incelenmiştir. En iyi baskı hassasiyeti ve şekil kararlılığı, yarım yağlı süt tozu bazlı formülasyonla elde edilmiştir. Reolojik ölçümler, baskıdan sonraki şekil stabilitesinin akma gerilimi ile bağlantılı olduğunu ortaya çıkarmıştır. Fırında kurutma işlemiyle, yazdırılan numunelerin yüksek başlangıç katı içeriklerinde ($< \% 50$) en başarılı olmuştur. Ekstrüzyon tabanlı 3B baskının, sağlıklı ve yapılandırılmış gıdalar üretmek için umut verici bir araç olduğu ancak basılı malzemelerin mekanik özelliklerini optimize etmek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulduğu vurgulanmıştır.

Kern vd. (2018), yaptıkları çalışmada farklı kalsiyum seviyelerine (15.8 ile 31 mg Ca.g⁻¹ protein) sahip yarı sert peynirlerin, termo-reolojik özelliklerini ve büyük gerinimlerde kayma davranışını araştırmışlardır. Sıcak ekstrüzyon tabanlı 3B baskı jel geçiş sıcaklığı (51.7 ± 0.2 ile $60 \pm 2^\circ\text{C}$), azalan kalsiyum seviyeleri ile önemli ölçüde ($p < 0.001$) azalmıştır. Bu nedenle, sıcak ekstrüzyon tabanlı 3B baskıyı taklit etmek için reometre deneylerinde ekstrüzyon sıcaklığı 60°C 'ye ayarlanmıştır. Ekstrüde şeritler görsel olarak değerlendirilmiş ve kritik kesme hızlarını belirlemek için kaydedilen basınç profilleri analiz edilmiştir. Kritik kayma hızının ($10\text{--}30 \text{ s}^{-1}$), azalan kalsiyum seviyeleri ve artan akışkanlık ($\tan \delta$ 60°C) ile önemli ölçüde arttığı ($p < 0.001$) belirlenmiştir.

3B baskısı zor olan yüksek sıvı yağ içerikli gıda formülasyonları üzerine yapılan bir çalışmada yağ içeriğinin gıda formülasyonunun basılabilirliği üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Su, kanola yağı, mısır nişastası ve peynir altı suyu proteini izolatu (WPI) ile yüksek yağ içerikli (% 37'ye kadar) gıda formülasyonları hazırlanmıştır. Gıda bileşiminin; baskı hızı, ekstrüzyon hızı ve baskı şeklinin basılabilirlik üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Viskozite ve kayıp tanjant değerleri, tüm formülasyonların psödoplastik sıvılar olduğunu ve ağırlıklı olarak

elastik özellikler sergilediğini göstermiştir. Viskozite, depolama modülü (G') ve kayıp modülü (G''), baskıların toplam kütlesi ile artış göstermiştir. WPI'nın fazla olması basılabilirliği bozmuş ve mısır nişastası G' ve G'' üzerinde WPI'ya göre daha belirgin etki göstermiştir. 4°C'de 24 saat depolama, viskoziteyi ve G' modülünü artırarak basılabilirliği iyileştirmiştir. DSC sonuçları, jelleşen baskıların erime davranışını etkilediğini göstermiştir (Liu ve Ciftci, 2021).

Nijdam vd. (2021), yaptıkları çalışmada katı davranışın reolojik ölçümlere dayanarak değerlendirilmesinde 3B gıda baskısı için farklı gıda formülasyonlarını incelemiştir. 3B yazdırılmış gıda maddelerinin olası boyutsal kararlılığı hakkında salınlı genlik taramalarından elde edilen reolojik özellikler ile gıda formülasyonlarının kalitesi arasında hiçbir bağlantı kurulamadığını bildirmişlerdir. Erimiş gıda formülasyonlarının şekillerini ve üzerlerine basılan destek katmanlarını tutmak için ekstrüde edildikten sonra yeterince sertleşmek için zamana ihtiyaç duyduklarını belirtmişlerdir. Bu sertleşme süresinin, her gıda formülasyonu için farklı olabileceğini bildirmişlerdir (Şekil 2.17).

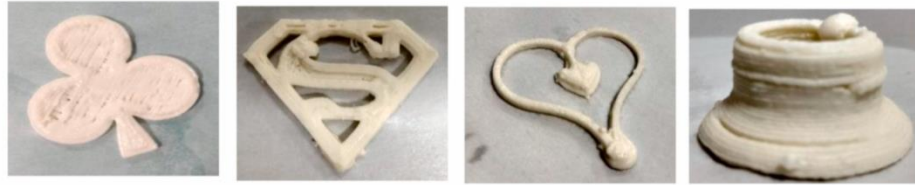


Şekil 2.17. Farklı gıda formülasyonlarının baskı esnasındaki görüntüleri
(Nijdam vd., 2021)

Bareen vd. (2021), yaptıkları çalışmada süt şekerlemesi üretimi için ısıyla ve asitle pıhtılaştırılmış sütün yarı katı haldeki 3B yazdırılabilirliğini araştırmışlardır. Farklı konsantrasyonlarda peynir altı suyu proteini izolatı (WPI) ve maltitol (MT) formülasyona ilave edilerek yarı katı formülasyonları hazırlanmıştır. Reolojik, mikro yapı ve dokusal özellikleri analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ile basılabilirlik ilişkilendirilmiştir. % 2 MT konsantrasyonundaki bir artışın akma gerilimini 1309 ± 0.40 'dan 938 ± 0.45 Pa'ya düşürdüğünü göstermiştir. Kompleks modülü (G^*) ve jel kuvveti önemli ölçüde artmıştır ($p < 0.05$). WPI:MT = 4:2 oranlı formülasyonun (Şekil 2.18), sıkılık ve yapışkanlık değerleri sırasıyla 8 N ve 2 N'dir ve 3B baskılı yapılarda en iyi boyutsal kararlılığın ve şekil muhafazasının sergilendiği tespit edilmiştir.



a) 3B model b) WPI:MT=2:2 c) WPI:MT=2:4 d) WPI:MT=2:4 e) WPI:MT=4:4

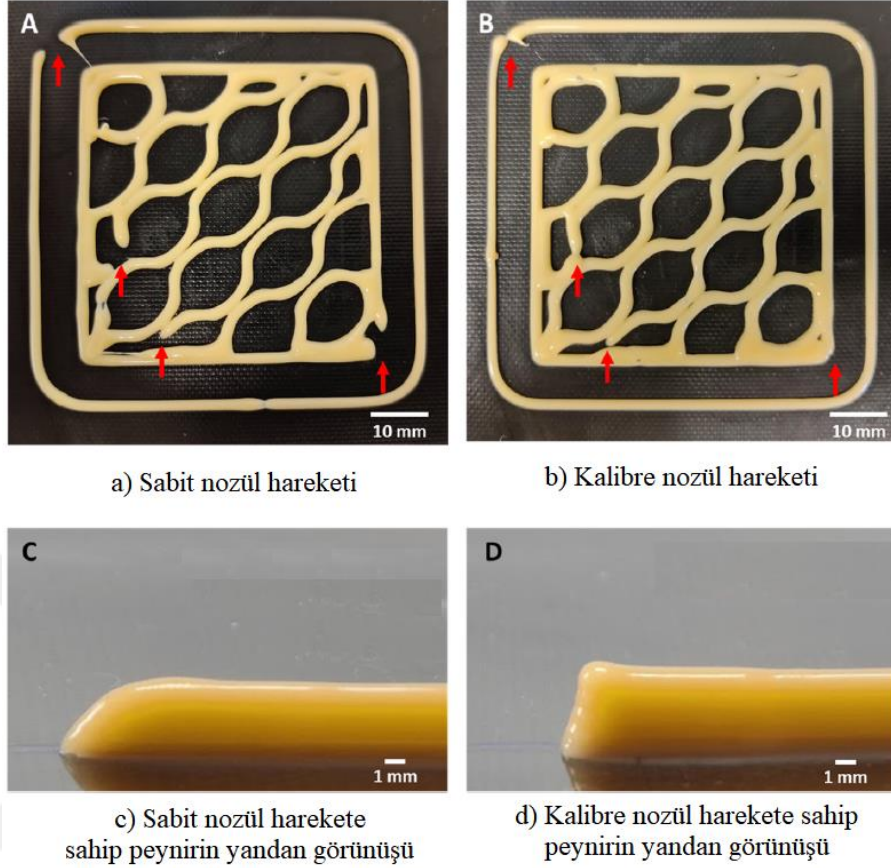


f) WPI/MT=4:2 konsantrasyonu için çeşitli 3B baskı denemeleri

Şekil 2.18. Farklı WPI/MT konsantrasyonunun baskı esnasındaki görüntüleri
(Bareen vd., 2021)

Ma vd. (2023), yaptıkları çalışmada sabit ekstrüzyon basıncı altında anlık ekstrüzyon hızı ve genişliğini ölçmek için bilgisayar tabanlı bir yöntem geliştirmişlerdir. Ölçülen ekstrüzyon hızı ve ekstrüde edilmiş ürünün genişliği, pnömatik bir 3B gıda yazıcısı için nozül hareketinin ileri beslemeli kontrolünü yürütmek için kullanılmıştır. Sonuç olarak, bilgisayar tabanlı kontrol yöntemi, ekstrüzyon hat doğruluğunu % 97.6–100'e çıkarmıştır. Beyaz çikolata, kurabiye hamuru ve işlem görmüş peynirin yetersiz ekstrüzyonunu önleyebileceğini öne sürmüşlerdir (Şekil 2.19). Basit bir ölçüm kurulumu ve kullanıcı dostu bir yazılım arayüzü ile bu yöntem, yeni bir gıda formülasyonu basarken deneme yanılma

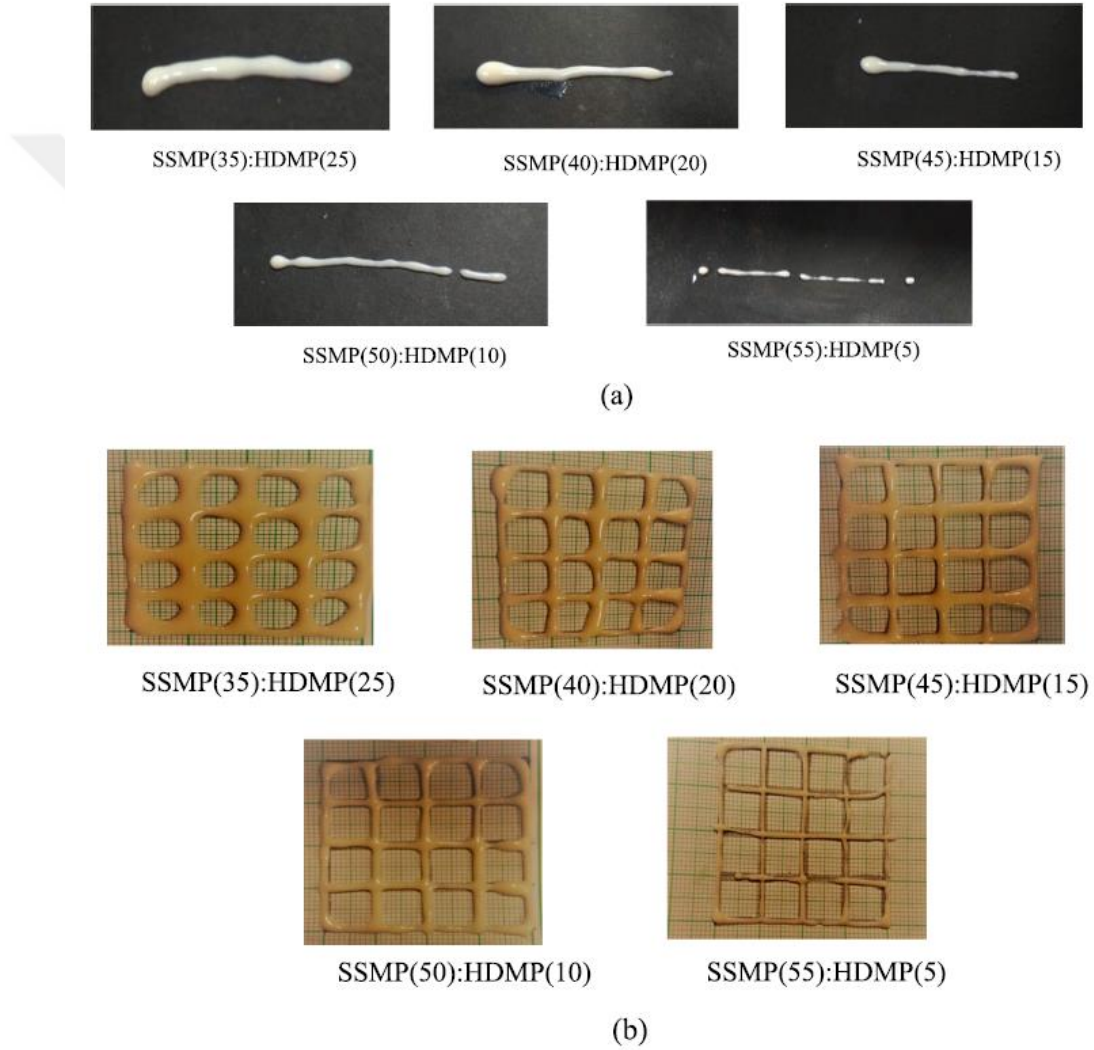
deneylerini azaltmak için çoğu gıda baskı denemesinde uygulanabileceğini belirtmişlerdir.



Şekil 2.19. Sabit nozül hareketine sahip peynir baskısı ile kalibre edilmiş nozül hareketine sahip peynir baskısının karşılaştırılması (Ma vd., 2023)

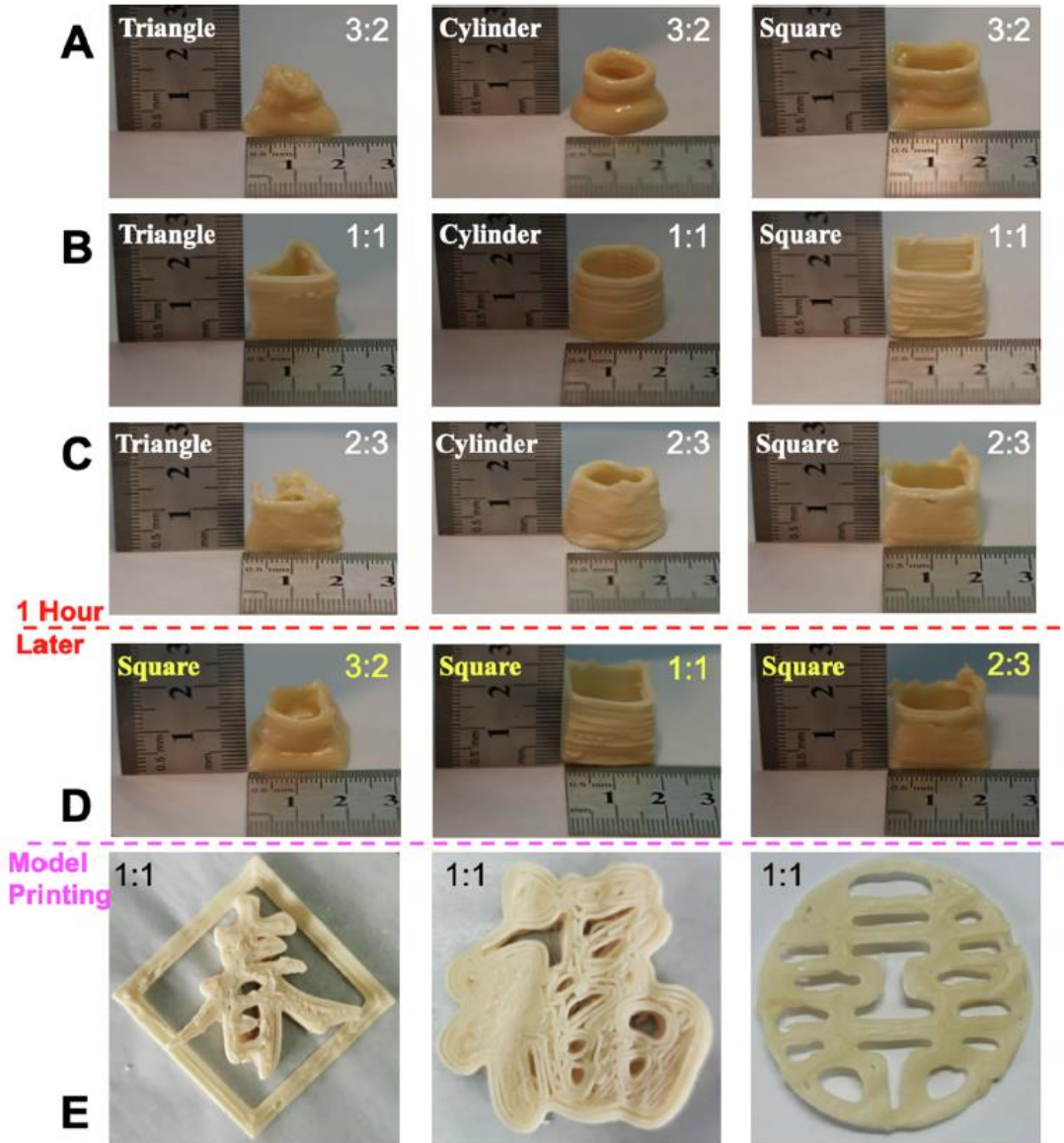
Joshi vd. (2021), yaptıkları çalışmada yarım yağlı süt tozu (SSMP) ile kompozit bir süt ürünü matrisindeki ısıyla kurutulmuş süt tozunun (HDMP), sıcak ekstrüzyon tabanlı 3B baskını incelemişlerdir. Baskı öncesi, baskı esnası ve baskı sonrası olmak üzere üç aşamadaki formülasyonların reolojik özellikleri incelenmiştir. Formülasyonların hızlı kesme geri kazanımı ile kayma incelmesi ve ısıya duyarlı davranışı, her aşamada reolojik özelliklerinde sıcaklık kaynaklı varyasyonları anlamak için formülasyonların ön işleme, işleme ve son işleminin geçerli koşullarını taklit etmek için analiz edilmiştir. Reolojik özellikler, düz çizgilerin tutarlılığının (1B), kafes yapı iskelelerinin ortalama alanının (2B) ve 3B baskılı yapıların boyutsal stabilitesinin değerlendirilmesi yoluyla basılabilirliği ile ilişkilendirilmiştir. Sonuçlar, SSMP'nin dahil olma seviyesindeki bir artışın ve HDMP oranındaki bir düşüşün, kayma incelmesi davranışını, viskoziteyi (η), akma

gerilimini (τ_0), depolama modülünü (G') ve kayma geri kazanılabilirliğinde bir düşüşü göstermiştir. Formülasyonların ısıya duyarlı davranışı, 28.1 ile 29.4°C arasında değişen jelleşme sıcaklığı ile oluşturulmuştur. SSMP (35): HDMP (25) formülasyonu, basılı yapıların sarkmasına neden olurken, SSMP (55): HDMP (5.0) formülasyonu, maksimum τ_0 (1211.8 Pa) sayesinde baskı sonrası en yüksek boyutsal kararlılık sergilemiştir (Şekil 2.20). Elde edilen sonuçlar, süt ürünleri ve gıda endüstrilerinde 3B baskının performansının iyileştirilmesine ilişkin fikir verebileceğini beyan etmişlerdir.



Şekil 2.20. Kompozit süt ürünleri bazlı formülasyonların basılabilirliğinin ilk taraması a) Çizgilerin tutarlılığını gözlemleyerek 1B yazdırılabilirlik b) Izgara yapı iskelelerinin alanını ölçerek 2B yazdırılabilirlik (Joshi vd., 2021)

Fan vd. (2022), yaptıkları çalışmada laktoz/peynir altı suyu protein izolatı (WPI) kompozit hidrokolloidler 3B baskı için baskı malzemesi olarak hazırlamışlardır. Sonuçlar, hidrokolloidlerin reolojik, viskoelastik, termal ve mekanik özelliklerinin baskılı nesnelerin kalitesiyle doğrudan bağlantılı olduğunu göstermiştir. Tüm baskılar gözenekli bir mikro yapı göstermiş ve gözeneklilik laktoz ilavesiyle değişmiştir. Bu sonuç, baskı performansını iyileştirmek için gerekli olan WPI kümelenmesini engelleyen laktozdan kaynaklandığı belirtilmiştir. 3B baskı örneklerinin baskı doğruluğu, boyutsal sapma ve dokusal özelliklerinin tanımlanması ve kontrolü için önemlidir (Şekil 2.21). Bu nedenle, uygun basılabilirliğe sahip süt yan ürünleri için basılabilir bir gösterge olduğu düşünülmektedir.

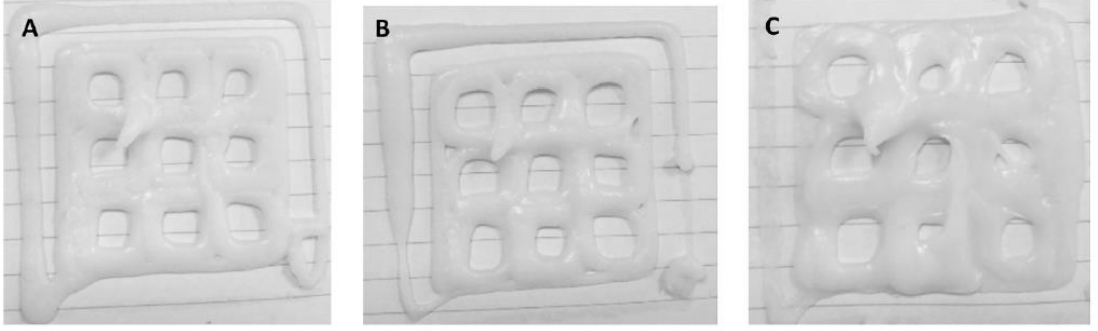


Şekil 2.21. Laktoz/WPI kompozit karışımları kullanılarak 3B yazdırılmış örnekler (Fan vd., 2022)

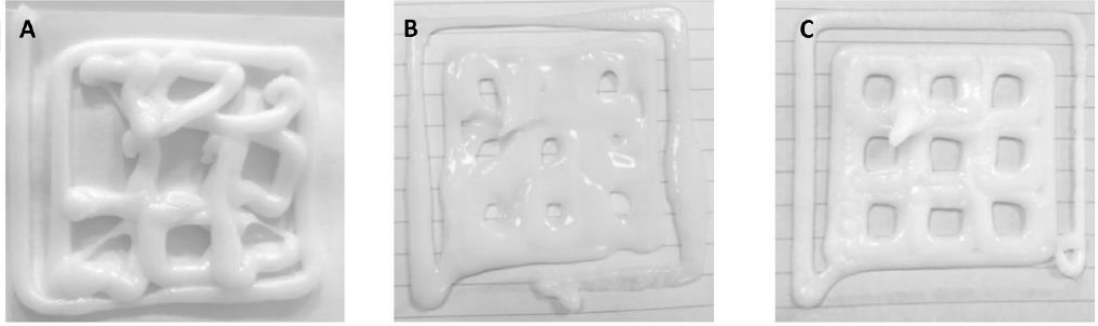
3B/4B baskıda kitosan (CS) ve peynir altı suyu proteininin (WP) tek başına veya kombinasyon halinde uygulanan çalışmaları incelendiğinde eklemeli imalat üzerine birkaç mükemmel çalışma göze çarpmaktadır. CS ve WP'nin biyomedikal uygulama özellikleri yeterince tartışılmış olsa da, 3B/4B gıda baskı uygulamaları için CS ve WP biyomalzeme hakkında yeterince çalışma olmadığı belirtilmiştir. Optimum basılabilirliğe sahip kolayca değiştirilebilen biyomalzeme, eklemeli üretim için önemlidir. CS, WP ve WP-CS kompleks hidrojel, gelecekteki 3B/4B baskı için geniş çapta kullanılacak biyomalzeme yapımında büyük bir potansiyele sahip olduğu belirtilmiştir. Çünkü CS iyi bir biyolojik bozunma, biyouyumluluk, immünojenite ve kanserojen olmayan işlevsel bir polisakkarit yapısındadır. CS–WP kompleks hidrojel, WP hidrojele göre daha iyi basılabilirliğe sahiptir. 3B/4B baskı ve malzemelerin sonradan işlenmesi gereksinimlerini karşılamak için CS ve/veya WP kullanan biyomalzeme hazırlamadaki mevcut gelişmeleri özetlemektedir. CS/WP biyomalzeme uygulamaları, kozmetikte birkaç uygulama ile birlikte temel olarak 3B gıda baskısına odaklanmaktadır. 4B baskıda potansiyel adaylar olarak CS/WP biyomalzemelerinin trendlerini de vurgulamaktadır. CS ve/veya WP'ye dayalı yeni biyomalzemeler geliştirmek için bazı umut verici gelişmeler ortaya çıkmıştır ve katma değerli ticari CS ve WP kullanımına ilişkin yeni bilgiler gün geçtikçe artış göstermektedir (Yang vd., 2022).

Ross vd. (2021), yaptıkları çalışmada işlem görmüş peynir formülasyonunun modifiye edilmiş bir 3B yazıcı ile baskısını gerçekleştirmiştir. Hem pH ve kazein içeriği hem de doku, baskı doğruluğu, reoloji ve mikro yapı analiz edilmiştir. Reolojik yöntemler kullanılarak, işlem görmüş peynirin başarılı bir şekilde baskısının gerçekleşeceği yani aynı anda ekstrüzyon nozulünden engellenmeden akış ve katmanlı bir yapı oluşturacağı optimum viskozite aralığı 7.55–10.94 Pa.s olarak tespit etmişlerdir. İşlem görmüş peynirde diğer parametreler aynı kaldığında pH 5.8'den pH 5.4 ve 5.6'ya düştüğünde göre önemli ölçüde ($p<0.05$) daha yumuşak, daha yapışkan ve doku bakımından daha esnek olan baskılar üretildiği belirtilmiştir (Şekil 2.22). Yalnızca taze peynir pıhtısı içeren baskılı peynir, hafif veya olgun Çedar peyniri içeren peynirden önemli ölçüde ($p<0.05$) daha sert bulunmuştur (Şekil 2.23). Daha yüksek sıcaklıklarda (60°C) 3B baskı, peynirin daha düşük sıcaklıklardaki (40°C) baskıya göre daha sert ve esnek olmasına yol açmıştır. Genel

olarak, işlem görmüş peynir için formülasyon ve baskı parametreleri, basılabilirlik üzerine önemli etkilerde bulunmuştur.



Şekil 2.22. a) pH 5.4 peynir baskısı, b) pH 5.6 peynir baskısı, c) pH 5.8 peynir baskısı (Ross vd., 2021)



Şekil 2.23. a) Yalnızca taze peynir pıhtısı içeren baskılı peynir, b) 1-2 ay olgunlaşmış Çedar peyniri baskısı, c) % 25 (1-2 ay olgunlaşmış) ve % 75 (6-8 ay olgunlaşmış) Çedar peyniri karışımı baskısı (Ross vd., 2021)

2.3. Gıda Bileşenlerinin Ürün Reolojisine Etkileri

Reoloji, mekanik kuvvetler ile beraber akış ve deformasyonu inceleyen bilim dalıdır. Reoloji genel olarak süspansiyonlar, polimerler, gıdalar, emülsiyonlar ve macun gibi karmaşık olan akışkanların akış davranışlarını incelemektedir. Gıda endüstrisinde reoloji ise hammaddelerin, ara ürünlerin ve son ürünlerin akışı ve deformasyonunu inceleyen bilim dalıdır. Gıda bilimi ve teknolojisi yönünden gıda reolojisi büyük bir öneme sahiptir. Reolojik veriler; ekstrüder, boru iletim sistemi, pompa, karıştırıcı, ısı değiştirici, homojenizatör gibi ekipmanların tasarım hesaplamalarında, ara ve son ürünün kalite saptaması ve kontrolünde, raf ömrü analizlerinde ve reolojik esaslı bileşen denklem analizlerinde ihtiyaç duyulmaktadır. Gıda reolojisi ayrıca gıdaların mikro yapı ve tekstürünün reolojiyle ilişkilendirilmesiyle tüketici beğenilirliği arttırılmaktadır (Arıkan, 2008; Aşık, 2018; Bildir, 2018).

Reoloji akış ve deformasyon olarak ikiye ayrılmaktadır. Akış; maddenin viskoz ve plastik davranışlarını incelerken, deformasyon ise maddenin elastik ve elastik olmayan davranışlarını incelemektedir (Süren, 2010).

Viskozite akışkanların akmaya karşı gösterdiği direnç olarak ifade edilmektedir. Akışkanın akmaya karşı gösterdiği direnç ise sürtünme kuvveti ile meydana gelmektedir. İki cismin birbirlerine sürtünmesiyle harekete ters yönde sürtünme kuvveti oluşmaktadır. Viskozite, akışkana uygulanan kayma gerilimi ile akışkanın kayma hızı arasındaki oran olarak tanımlanmaktadır (Kaşgöz, 2012).

Viskoelastik akışkanlar, deformasyonun etkisinde hem viskoz hem de elastik özellik gösteren akışkandır. Elastik özellik gösterenlerde uygulanan kuvvet kaldırıldığında deforme kısım eski haline gelmektedir. Bu davranışın oluşabilmesi için kuvvetle birlikte yüklenen enerjiyi depolayabilmeleri ve kuvvet kalkınca enerjiyi geri boşaltabilmeleri gerekir. Viskoz özellik gösterenlerde ise uygulanan kuvvetle birlikte deforme olan kısım kuvvetin kaldırılmasıyla eski haline dönmemektedir. Kuvvet uygulama sırasında verilen enerji depolanmaz ve gerilim kaldırıldığından eski haline gelmesi mümkün değildir. Viskoelastik maddelerin reolojik özelliklerinin belirtilmesinde viskoz ve elastik özelliklerini temsil eden iki modül kullanılmaktadır. Maddenin depoladığı enerjiyi temsil eden ve elastikiyetin bir ölçüsü olan depolama modülü G' olarak ifade edilir. Maddedeki deformasyonlar nedeniyle enerjinin olmadığı viskoz kısmı temsil eden kayıp modülü G'' olarak ifade edilir. Kayıp

modülünün depolama modülüne oranı (G''/G') ise faz açısı ($\tan \delta$) olarak tanımlanır. Faz açısı viskoelastiklik derecesini yorumlamak için önemli bir kıstastır. 0 ile 90 derece arasında olup tamamen elastik olduğu durumlarda 0'a yakın, viskoz olduğu durumlarda ise 90'a yakın değerlerde olmaktadır (Kaşgöz, 2012).

Tablo 2.3. Reolojide kullanılan bazı terimler ve açıklamaları (Kaşgöz, 2012).

Terim	Açıklama
Kayma	Paralel tabakaların yer değiştirmesi
Kayma gerilimi (τ)	Akışkana uygulanan kuvvetin birim alana oranı
Kayma hızı (γ)	Kayma geriliminin akışkanda sebep olduğu deformasyonun ölçüsüdür
Kayma viskozitesi (η)	Kayma gerilmesi ile meydana gelen kayma hızı
(Elastik) Depolama modülü (G')	Akışkanın elastikiyet ölçüsü olup depolayacağı enerjidir
(Viskoz) Kayıp modülü (G'')	Akışkanın viskoz bileşeninin kayıp edilen kısmı
Kompleks modül (G^*)	Deformasyona gösterilen direncin ölçüsü

Gıda teknolojisinde reolojik özelliklerin önemi şu şekilde sıralanabilir (Yılmaz, 2014).

1. Besinin iç yapısındaki etmenler, çözünmüş bir karışımın molekül büyüklüğüne şekil ve viskoziteyle olan ilişki ile değişmektedir.

2. Reolojik özellikler, gıdaların ve uygulanan işlemlerin kalite denetimlerinde kullanılır. Örneğin, belli bir akıcılığa sahip olan ketçabın durumu gibi, konsistensi doğru ayarlanmamış ketçabın şişeden akışı hızlı ya da zor olur. Bu durum, ketçabın kalitesinin iyi olmadığını göstermektedir.

3. Reolojik özellikler, makine ve alet yapımında da oldukça önem taşımaktadır. Özellikle, pompa, buharlaştırıcılar, boru hatları gibi aletlerin yapımında ve kullanımında önemlidir.

4. Son olarak reolojik özellikler gıda tüketicileri için de oldukça önemli bir kalite etmenini oluştururlar. Tüketiciler gıdalardan lezzet, koku gibi özelliklerin yanında yapı, kıvam, tekstürel özellik göstermesini beklerler. Bu yüzden işlem görmüş gıdaların belirli bir özellik göstermesi beklenir. Bunlara örnek olarak, bir sütün belirli bir akıcılığı olmalı ya da bir meyvenin belirli bir sertliği olması beklenir.

Bu sebeplerden dolayı reolojik özellikler oldukça önemli mekaniksel özellikleri sayesinde ürün işleme ve kalite etmeni olmaktadır.

Bu bölümde ürün formülasyonunun yapısını iyileştirerek 3B gıda yazıcısında yazdırılabilir bir ürün elde edilmesi için kullanılan yardımcı bileşenlerin ilave edildiği ürünlere olan reolojik etkilerinden ve bu konuda yapılan çalışmalardan bahsedilecektir.

2.3.1. Ksantan Gamin Ürün Reolojisine Etkisi

Amerika Birleşik Devletleri'nde 1950 yılında Northern Regional Araştırma Laboratuvarı'nda keşfedilen ksantan gam, doğal bir polisakkarit olup endüstriyel biyopolimerlerden birisidir. Ksantan gam, *Xanthomonas malvacearum*, *Xanthomonas pelargonii*, *Xanthomonas campestris*, *Xanthomonas phaseoli* gibi *Xanthomonas* mikroorganizma türleri tarafından aerobik fermantasyon ile üretilen hücre dışı bir heteropolisakkarittir (Kandil, 2019; Sworn, 2021).

Ana yapısı ile glikoz, iki mannoz ve bir glukuronik asit üniteleri ile oluşturulan ksantan gam uzun zincirli bir yapıya sahiptir. Ksantan gamin ana zinciri 1. ve 4. pozisyonlarda bağlanan β -D-glikoz ünitelerinden oluşur. Selülozun kimyasal yapısı ile aynı olan ksantan gam ortalama 2000 kda molekül ağırlığına sahiptir. E-415 koduyla adlandırılan ksantan gam FDA tarafından sınırlama olmaksızın kullanımına izin verilmektedir. Ksantan gam, sıcak ve soğuk suda çözünmektedir. Sıcaklık değişimlerine dirençli ve termal olarak kararlıdır. Gliserol içinde çözünürken organik çözücülerde genellikle çözünmemektedir. Parça büyüklüğü arttıkça daha kolay dağılma gösterirken çözünmesi yavaşlamaktadır. Artan sıcaklıkla beraber viskozite azalmakta ancak soğuyunca eski haline gelmektedir (Kandil, 2019). Ayrıca ksantan gam soğuk suda çözünür ve çözeltiler yüksek düzeyde psödoplastik akış sergilerler (Sworn, 2021).

Marcotte vd. (2001), tarafından yapılan çalışmada pektin, karragenan, nişasta, jelatin ve ksantan gam çözeltilerinin (% 1-6 konsantrasyonda) 20, 40, 60, 80°C sıcaklıklarda 0-300 s⁻¹ kayma hızlarında reolojik ölçüm deneyleri yapılmıştır. Kullanılan gamların hepsi psödoplastik bir davranış gösterirken aralarındaki ksantan gam en fazla psödoplastik davranış gösterdiği belirlenmiştir. Selülazlar, pektinazlar, konjak gam, tara gam, guar gam, keçiyoynuzu gamı gibi gamlar ve birçok organik asit ile sinerjistik etki oluşturmaktadır. En iyi psödoplastik davranış gösteren gam çeşidi bütün gam çözeltileri arasında ksantan gam olarak tespit edilmiştir. Ksantan gam konsantrasyonunun düşük olduğu durumlarda bile viskoz ve kararlı bir çözelti

üretebilmektedir. Yan zincirlerindeki negatif yüklü karboksil grupları sayesinde iyi bir stabilite sağlamaktadır (Kandil, 2019; Marcotte, 2001; Şen, 2019).

Ksantan gamın konformasyonel ve moleküler yapısı reolojik özellikler açısından oldukça etkilidir. Üstün reolojik özellikleriyle gıda endüstrisinde kıvam arttırıcı emülgatör ve stabilizatör olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Gıda endüstrisinde genellikle içecekler, süt ürünleri, fırın ürünleri, tatlılar ve dondurulmuş gıdalarda kullanılmaktadır. Ayrıca salata soslarında yağ ayrılmasını önlediği ve dondurulmuş gıdalarda su tutma etkisi göstererek kontrolsüz buz kristali oluşumunu engellediği bildirilmektedir. Süt ürünlerinde stabilizatör ve emülsifiye edici özellikleriyle birlikte suyu bağlayarak sinerezisi önlemesiyle ve ısıl stabilite sağlayarak yapıyı geliştirmek amacıyla yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Şen, 2019).

Guar gam ve keçiyoynuzu gamı ile birlikte ksantan gam kullanımının dondurma, sulu buz gibi ürünlerde sinerjist etki gösterdiği bildirilmektedir. Ksantan gam, karreganan, galaktomannanların karışımıyla optimum viskoziteyi sağlama, ısı transferini arttırma, ürün stabilitesini koruma ve buz kristallerinin kontrolünü sağlayarak dondurulmuş ve soğutulmuş süt ürünlerinde en iyi stabilizatörler arasında oldukları belirtilmektedir. Ayrıca sürülebilir özellikteki peynirlerin psödoplastik özelliklerini geliştirmektedir (Apaydın, 2019).

Siyah üzüm ekstraktı ve früktoz ilave edilmiş peynir altı suyuna kefir taneleri eklenerek kefir benzeri bir içecek üretildiği bir çalışmada içeceğin reolojik özelliklerini geliştirmek amacıyla % 20 süt ilave edilmiş ve stabilizatör olarak ksantan gam, guar gam, yüksek metoksilli pektin eklenmiştir. Düşük konsantrasyonlarda eklenen ksantan gamın bile (% 0.2) diğer eklenen stabilizatörlere kıyasla ürünlerdeki reolojik özellikler üzerinde daha etkin olduğu görülmüştür (Paraskevopoulou vd., 2003).

Az yağlı Kariesh peynirine % 0.01-0.05 ksantan gam ilave edildiği bir çalışmada sertlik, yapışkanlık, çiğneme ve esneklik gibi özelliklerin iyileştiği görülmüştür. Ayrıca 15 günlük depolama sürecinde hem ürün hem de kontrol örneğinde sertlik, yapışkanlık ve çiğnenebilirlik gibi dokusal özelliklerin artmış olduğu belirtilmektedir (Murad vd., 2016).

Hemar vd. (2001), tarafından yapılan çalışmada dört çeşit süt proteini/ksantan gam karışımları incelenmiştir. Bunlar; yağsız süt tozu, süt proteini konsantresi, sodyum kazeinat ve peynir altı suyu proteindir. Ağırlıkça % 0.1'lik ksantan gam konsantrasyonundaki karışımlar düşük kesme hızlarında tek başına ksantan gama göre daha düşük bir viskozite gösterirken, yüksek kesme hızlarında tek başına ksantan gama daha yakın viskozite değerleri elde edilmiştir. Ağırlıkça % 0.5 ksantan gamda düşük kesme hızlarında, karışımların viskoziteleri tek başına ksantan gama göre olduğundan biraz daha yüksekken, yüksek kesme hızlarında tek başına ksantan ve karışımların viskoziteleri benzerlik göstermiştir. Ksantan konsantrasyonu ağırlıkça % 1 olduğunda, karışımların viskoziteleri, tüm kesme hızlarında tek başına değerlendirilen ksantan gamın viskozitesine çok yakın olduğu belirtilmektedir.

Mohsin vd. (2019), tarafından yapılan çalışmada deve sütü hurma yoğurduna biyosentezlenmiş ksantan gam ilave edilerek reolojik ölçümler değerlendirilmiştir. Biyosentezlenmiş ksantan gam ve % 1 jelatinin karşılıklı fraksiyonları % 0.25, % 0.5 ve % 0.75 olarak kullanılmıştır. Bu hazırlanan konsantrasyonlar ile yoğurt örneklerinin viskozitesinde artış görülmüştür. % 0.75 biyosentezlenmiş ksantan gam katılmış yoğurtlarda maksimum viskozite ölçülmüş ve en iyi yoğurt dokusunu vererek ortalama 445 ± 34.11 g sertlik elde edildiği belirtilmiştir.

Hematyar vd. (2012), tarafından yapılan çalışmada farklı konsantrasyonlardaki ksantan gam ve karragenan yoğurda eklenerek reolojik, mikrobiyolojik, kimyasal ve duyuşal özellikleri incelenmiştir. % 0.01'lik konsantrasyonda ksantan gam ilave edilmiş yoğurt depolama sırasında en yüksek viskozite değerlerini sergilemiştir. Depolama süresince % 0.01 konsantrasyonda ksantan gam içeren yoğurtlar, diğer numunelere kıyasla 4°C ve 25°C'de daha az sinerezis göstermiştir.

Nguyen vd. (2017), tarafından yağsız yoğurt örneklerinde yapılan çalışmada jelatin, ksantan gam, karagenan ve nişasta kullanılarak fiziksel ve reolojik özellikleri incelenmiştir. Yağı alınmış yoğurt örneklerine % 0.005, % 0.010 ve % 0.015 ksantan gam ilave edilmiş sertlik, viskozite ve sinerezis değerleri için ölçümler yapılmıştır. Konsantrasyon arttıkça viskozite ve sertliğin arttığı ve aynı zamanda sinerezis gibi istenmeyen duyuşal ağız hissi özelliklerinin de engellendiği tespit edilmiştir. Konsantrasyonun % 0.015 olduğu durumda en yüksek viskozite (4.35 ± 2.91) ve sertlik (0.48 ± 0.08) değerleri gösterdiği bildirilmiştir.

Chatziantoniou vd. (2019), tarafından yapılan çalışmada peynir altı suyu peynir örneklerine çeşitli stabilizatörler eklenerek reolojik özellikleri, yağ globül boyutu ve numunelerin duysal özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu amaçla ksantan gam, guar gam, keçiyoynuzu gamı ve karragenan gibi farklı polisakkaritler ilave edilerek denemeler yapılmıştır. Yapılan analiz sonuçlarında akışın sıkıştırılmasıyla belirlenen reolojik özellikler, bireysel parametreler arasında olduğu kadar duysal niteliklerle de güçlü korelasyonlar göstermiştir. Sıkışma sırasında, tüm numuneler psödoplastik sıvılar gibi davranış göstermiştir. 0.025 s^{-1} 'de çift eksenli stres büyüme katsayısı olarak ifade edilen numunelerin viskozitesi, 390 ile 1549 kPa.s arasında değişmiştir. Ksantan gam, guar gam, keçiyoynuzu gamı, ksantan ve guar gam karışımı içeren numuneler daha tutarlı ve sağlam olarak tespit edilmiş ve artan yayılabilirliğe ve pürüzsüzlüğe sahip olarak derecelendirildiği bildirilmiştir.

Song vd. (2020), darı bazlı yoğurt benzeri bir ürüne peynir altı suyu proteini ve ksantan gam ekleyerek tüm numunelerde fermentasyon sırasında reolojik ve duysal özelliklerini, mikro yapı ve pH değerleri açısından bir araştırma yapmışlardır. Yapılan çalışmada % 0.05 % 0.1 % 0.15 ve % 0.2 ksantan gam konsantrasyonları kullanılmıştır. Analiz sonuçlarında % 0.4 peynir altı suyu proteini ve % 0.1 ksantan gam ilave edilen yoğurt örneği en yüksek elastik modül olarak değerlendirilmiştir. % 0.35 peynir altı suyu proteini ve % 0.15 ksantan gam içeren örnek diğer örneklerle göre en yüksek görünür viskoziteye sahip olduğu bildirilmiştir. Ksantan gam % 0'dan % 0.2'ye yükseldikçe, sertlik değerleri önemli ölçüde 119.24'ten 805.63 g'ye yükselmiştir. Peynir altı suyu proteini % 0.5'ten %0.3'e düştüğü ve ksantan gam %0'dan %0.2'ye yükseldiği için yapışkanlık 51.99'dan 200.63'e yükseldiği belirtilmiştir. Bunun nedeni, ksantan gamın daha yüksek bir viskoziteye sahip olması ve jeldeki daha yüksek bir polisakkarit içeriğinin, polimerizasyon peynir altı suyu proteini ile çapraz bağlanma şansını arttırmış olabileceği belirtilmiştir.

Bir başka çalışmada çırpılmış kremada kıvamı arttırmak için kremaya çeşitli konsantrasyonlarda ksantan gam ilave edilmiştir. Ksantan gam çırpılmış kremanın yapışkanlığı üzerinde doza bağlı bir etki sergilemiştir. % 0.025 ksantan gam kullanıldığında yapışkanlık değeri 3.70 görülürken, % 0.075 ksantan gam kullanıldığında 4.44'ten daha düşük olduğu görülmüştür. Seçilen % 0.025–0.010 aralığında ksantan gam ne kadar yüksek olursa, elde edilen kremşanti kıvamı o kadar yüksek olurken % 0.125 ksantan gamı kullanıldığında kıvam azalmıştır. Çırpılmış

kremanın viskozitesi, belli oranlarda ksantan gam ilavesiyle iyileştirildiği tespit edilmiştir. Yapılan analiz sonuçlarında ksantan gam miktarı ile sertlik, yapışkanlık ve viskozite üzerinde pozitif bir korelasyon bulunduğu bildirilmiştir (Zhao vd., 2009).

Khezri vd. (2016), tarafından yapılan çalışmada, süt bazlı kahvelerin köpüklerinin stabilitesi üzerindeki etkilerini incelemek için ksantan gam kullanılmıştır. Bu amaçla üç farklı konsantrasyon (0.05, 0.1 ve 0.2 g.dm⁻³) ve üç farklı sıcaklık (50, 60 ve 70°C) kullanılmıştır. Ksantan gam ilavesi kahve sütünün viskozitesini artırdığı bulunmuştur. Köpüğün stabilize olmasına neden olan sıcaklık artışı nedeniyle yüzey gerilimi azaldığı bildirilmektedir. En yüksek köpük stabilitesi ve duyusal kabul, 0.2 g dm⁻³ ksantan gam içeren ve 70°C'de hazırlanan kahve sütünde gözlemlenmiştir.

El-Sayed vd. (2002), tarafından yapılan çalışmada inek sütü yoğurt ve soya yoğurduna, laboratuvarıda üretilen ksantan gam ve diğer gamlar farklı konsantrasyonlarda karışımlara ilave edilerek yoğurtların kimyasal, mikrobiyolojik, reolojik, mikroyapı ve duyusal özellikleri incelenmiştir. İnek sütü yoğurdu veya soya sütü yoğurdunun fermantasyon süresi boyunca viskozite değerleri, kullanılan stabilizatörün türü ve konsantrasyonundan etkilenmiştir. Ksantan gam ve karışımları yoğurdun pıhtı gerilimini artırmıştır. % 0.01 ksantan gam bulunan yoğurt örneklerinde en yüksek pıhtı gerilimi görülmüştür. İnek sütü yoğurduna ksantan gam ve karışımlarının eklenmesiyle sinerezis duyarlılığı azalırken % 0.005 ksantan gam ile muamele edilen soya yoğurdu depolama sırasında sinerezise karşı yüksek direnç gösterdiği bildirilmiştir.

Brighenti vd. (2020), tarafından yapılan çalışmada krem peynire farklı stabilizatörler ekleyerek yapısını, reolojisini ve duyusal özelliklerini nasıl etkilediğini incelemişlerdir. Krem peynirler ksantan gam, keçiyoynuzu gamı, guar gam veya bu üçünün her birinden % 0.11 kullanarak üretilmişlerdir. Krem peynirlerin dinamik reolojik özellikleri, 1°C/dk hızında 5 ile 80°C arasında ısıtma ve aynı hızda soğutma sırasında ölçülmüştür. Ksantan gam ile hazırlanan peynirin sıcaklıktan büyük ölçüde etkilenmeyen zayıf bir jel oluşturduğu bildirilmektedir. Yüksek sıcaklık (>35°C) bölgesinde, ksantan gam ve hepsinin kombinasyonu ile yapılan krem peynirler, diğer krem peynirlere kıyasla daha yüksek G' değerleri göstermiştir. Soğutma döngüsü sırasında çeşitli sıcaklık bölgelerinde ksantan gam ve tüm kombinasyonlarla hazırlanan stabilize krem peynirler için G' değerleri diğer gamlarla hazırlanan

peynirlerden daha yüksek olduğu bulunmuştur. Ksantan gam ile stabilize edilmiş krem peynirlerin yüksek sıcaklıklarda daha yüksek elastikiyeti, daha yüksek termal stabilitesinden kaynaklanabildiği düşünülmektedir. Bütün stabilizatörlerin tek kullanımı ile kombinasyonlarının kullanımı karşılaştırıldığında ksantan gamın tek başına kullanıldığında daha yumuşak ve daha yapışkan krem peynir üretildiği bildirilmiştir.

Joyner ve Damiano (2015), yaptıkları çalışmada süzme peynirde ayrılmayı azaltmak ve viskozite sağlamak için çeşitli stabilizatörler eklemişlerdir. Bunlar ksantan gam (% 0.1 ve % 0.2), guar gam (% 0.2 ve % 0.4) ve keçiyoynuzu gamı (% 0.2 ve % 0.4) veya bunların üç farklı kombinasyonlarıyla peynirler hazırlamışlardır. Bu kombinasyonlar ksantan gam, guar gam ve keçiyoynuzu gamı olarak sırasıyla: A= (% 0.1:% 0.1:% 0.1), B= (% 0.2:% 0.1:% 0.1), C= (% 0.1:% 0.2:% 0.1) olarak hazırlanmıştır. B kombinasyonu ile hazırlanan peynirler değerlendirilen numuneler arasında peynir altı suyu ayrılmasına en dirençli olarak en yüksek stabiliteyi göstermişlerdir. pH 5.0'da % 0.2 ksantan gam ve pH 5.5 ve 5.0'da guar gam ile hazırlanan peynirler daha yüksek viskoziteler sergilemiştir. Yapılan çalışmada pH 5.0 göz önüne alındığında incelenen en iyi stabilizasyon sistemi % 0.2 ksantan gam, % 0.1 guar gam ve % 0.1 keçiyoynuzu gamı olduğunu bildirmişlerdir.

2.3.2. Mısır Nişastasının Ürün Reolojisine Etkisi

Mısır (*Zea mays L.*) tek yıllık otsu tahıl bitkisidir. Mısır taneleri kuru madde olarak % 61-78 nişasta, % 10 nişasta olmayan polisakkaritler, % 6-12 protein ve % 3-6 lipidlerden oluşmaktadır. Mısır nişastasında ise toplam yağ en fazla % 2, protein miktarı kuru maddede en fazla % 1, kül miktarı kuru madde miktarı en fazla % 0.3 ve rutubet miktarı en fazla % 13 olması gerektiği bildirilmektedir. Mısır nişastası opak, tahıl aroması içeren ve yapışkan bir jel oluşturmaktadır. Mısır nişastasının görünen viskozitesi diğer nişastalara (waxy mısır, patates, tapyoka) göre düşük olduğu ve jelatinizasyon sıcaklığının ise 62-70°C arasında olduğu belirtilmektedir. Nişastanın amiloz ve amilopektin içerikleri viskozite ve jelleştirme özelliklerini etkilemektedir. Mısır nişastası % 25 amiloz, % 75 amilopektin içermektedir. Amiloz jel kuvvetini arttırırken amilopektin ise jel kuvvetini ve viskoziteyi düşürmektedir (Arduzlar, 2003; Top, 2020; Zhang vd., 2021).

Mısır nişastasının ısıtılma işlemi ile yüksek berraklık ve viskoziteli jelleşme, düşük jelatinleşme sıcaklığı ve retrogradasyon eğilimi, suyu bünyesinde tutma, yumuşak ve şeffaf jel oluşturmada diğer nişastalara göre daha iyi olduğu belirtilmektedir. Ayrıca iyi bir kayma kararlılığı ve nişasta granüllerinin yüksek konsantrasyonda şişmesiyle akış gerilimine sahiptir. Nişasta ayrıca akışta kesme incilmesi davranışı göstermekte, bu da malzemenin şırınga/nozul ucundan ekstrüzyonunu kolaylaştırmaktadır (Lille vd., 2018).

Manoi ve Rizvi (2008), peynir altı suyu proteini konsantre tozlarına önceden jelatinize edilmiş % 6 (w/w) mısır nişastası eklemiş ve karışımın 25°C'de reolojik davranışını ve 1 ile 100 s⁻¹ arasında bir kesme oranını araştırmışlardır. Sonuçlar, frekans 0.1'den 100 rad/s'ye yükseldikçe nişastanın peynir altı suyu proteini örneklerinde G' değerini artırdığını ortaya koymuşlardır. Karışımda, elastik özelliklerin viskoz özellikler üzerindeki baskınlığını gösteren, bir frekans aralığında G'' değerinden daha yüksek G' değerleri olduğunu bildirmişlerdir.

Noronha vd. (2008), bir süt proteini-nişasta karışımının taklit peynirdeki reolojik davranışını araştırmışlardır. % 1.9, % 3.9, % 5.8, % 7.8 veya % 9.9 w/w yerli, önceden jelatinize edilmiş, dirençli ve mumsu mısır nişastası içeren taklit peynirler üretilmiş ve incelenmiştir. Kontrol taklit peynir için sıcaklık 25°C'den 90°C'ye çıktığında G' ve G'' modüllerinin değerlerinin düştüğünü ve peynir matrisinin yumuşamaya başladığını bildirmişlerdir. Peynirde nişasta kullanılması, peyniri 25 ile 90°C arasındaki sıcaklıklarda kontrol peynirine benzer şekilde yumuşatmış olduğunu; bununla birlikte, nişasta ilavesinin etkisi, çalışılan sıcaklık aralığında hem G' hem de G'' değerlerinde bir artış ve tan δ değerlerinde bir azalma ile sonuçlandığını belirtmişlerdir.

Tashakori vd. (2013), beyaz peynire mısır nişastası ve peynir altı suyu konsantresi ilave ederek kimyasal, reolojik ve duyu özellikleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Bu amaçla dört farklı kombinasyon hazırlanmış ve test edilmiştir. C= (kontrol; katkı maddesi yok), A= (% 1.5 mısır nişastası), B= (% 1.5 peynir altı suyu proteini konsantresi), AB= (% 0.75 mısır nişastası ve % 0.75 peynir altı suyu proteini konsantresi). Tüm numuneler için kesme gerilimi ve elastisite modülü, üretimden 28 gün sonra arttığı belirtilmektedir. % 0.75 mısır nişastası ve % 0.75 peynir altı suyu proteini içeren numune için maksimum kesme gerilimi ve elastisite modülü kaydedildiği bildirilmektedir.

Talbot-Walsh vd. (2019), işlem görmüş peynirlere % 5 (w/w) patates, mumsu mısır veya mısır nişastası ekleyerek peynirin fiziksel ve mikroyapısal özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Mısır nişastası peynirinin maksimum viskozitesi, nişastanın sürekli bir ağ halinde mevcut olduğu ve artan pH ile 4000 cP'ye düştüğü zaman meydana gelmiştir. pH 5'te peynirlerin sertlikleri ölçüldüğünde mısır nişastası 53.3 N olan maksimum sertliğe sahip olduğunu bulmuşlardır.

Mounsey ve O'Riordan (2007a), taklit peynirde yaptıkları çalışmada % 3 (w/w) önceden jelatinleştirilmiş mısır, mumlu mısır, buğday, patates veya pirinç nişastaları ekleyerek peynirlerin reolojik özellikleri ve mikro yapıları nişasta eklenmemiş peynirlerle karşılaştırıldığı bir çalışma yapmışlardır. Önceden jelatinleştirilmiş pirinç veya mumlu mısır nişastalarının kazein ile dispersiyonları, tek başına veya diğer nişastalarla karışımlar halinde ısıtılan kazeine kıyasla 80°C'de ısıtmanın ardından en yüksek viskozitelere sahip olduğunu bildirmişlerdir. Taklit peynirlerin dokusal sertliği ve yapışkanlığı üzerine yapılan analizlerde mumsu-mısır veya pirinç nişastaları en yumuşak ürünü verdiğini bildirmişlerdir. Yapışkanlık (0.167 ± 0.006) ve ergime (89.1 ± 1.2) değerlerinde mısır nişastası içeren peynirler diğer nişastalara göre en düşük değerleri gösterdiğini bildirmişlerdir.

Hussain vd. (2022), tarafından yapılan çalışmada yağsız yoğurda çeşitli nişastalar ve tere tohum sakızı eklenerek 7 günlük soğuk depolamada viskozitesi, viskoelastikiyeti, yapısı, sinerezisi ve duyu kalitesini değerlendirmişlerdir. Nişasta olarak; mısır, tatlı patates, nohut ve fasulye nişastaları kullanmışlardır. Yapılan analizlerde depolama süresinden bağımsız tüm yoğurt örnekleri psödoplastik özellikler sergilediği bildirilmektedir. 7 günlük depolamadan sonra mısır nişastası içeren yoğurt örneklerinde akma stresinde değişiklikler gözlemlenmiş ve mısır nişastası diğerlerine göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Mısır nişastasının bu üstün performansını yoğurt jelinin saklama koşulları altında daha yüksek stabiliteye sahip olduğunun göstergesi olduğunu belirtmektedirler. Depolamadan sonra mısır nişastalı yoğurtların sertliğinde artış görülürken yoğurdun sıklığının korunması için daha etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Saleh vd. (2020), tarafından yağsız süzme yoğurt üzerine yapılan çalışmada yoğurda % 1 oranında çeşitli nişastalar (patates, tatlı patates, mısır, nohut ve fasulye) ilave ederek reolojik ve tekstürel özelliklerini araştırmışlardır. 0, 7 ve 15 günlük depolamalarda yapılan analizlerde tüm numuneler çeşitli seviyelerde psödoplastik davranış sergilemiştir. Mısır ve yumru nişastalar ile yapılan yoğurtlar daha yüksek viskozite gösteren kıvam sayısına sahip olduğu belirlenmiştir. Yapılan tekstür analizi sonuçlarında depolama süresiyle beraber değişiklik göstermiştir. Sertlik değerlerinde mısır nişastası 0. günde (30.330 ± 0.588), 7. günde (31.330 ± 0.580) ile diğer nişastalara göre en yüksek değerleri sergilerken 15. günde mısır nişastasının etkisinin düştüğü görülmüştür. Duyusal analizlerden alınan sonuçlara göre mısır nişastası en yüksek viskozite (6.70 ± 0.84) değerlerine sahip olduğu bildirilmiştir.

Mounsey ve O’Riordan (2007b), tarafından yapılan çalışmada taklit peynirlere artan seviyelerde (% 0-9, w/w) önceden jelatinleştirilmiş mısır nişastası ilave edilerek incelenmiştir. Önceden jelatinleştirilmiş mısır nişastasının seviyesinin artması ile büyük deformasyon altında sertlik sabit kalırken, tepe gerilimi ve gerilim gevşeme süresi gibi dokusal özellikler artış göstermiştir. Önceden jelatinleştirilmiş mısır nişastasının yüksek seviyelerde eklenmesi, protein matrisini dehidre etmiş ve 60°C’nin üzerindeki sıcaklıklarda taklit peynirin termoplastik özelliklerini bozduğunu bildirmişlerdir.

2.3.3. Kremanın Ürün Reolojisine Etkisi

Türk Gıda Kodeksi Krema ve Kaymak Tebliği’nin yapmış olduğu tanıma göre krema; “sütten fiziksel seperasyon işlemi ile elde edilen süt yağının, yağsız süt içerisindeki yağca zengin emülsiyonudur” şeklinde tanımlanmaktadır. Süt yağı, ilave edildiği gıdalara teknolojik açıdan farklı özellikler kazandırmaktadır. Süt yağı açısından zengin krema ve tereyağ gibi ürünler reolojik özellikleri düşünüldüğünde süt yağının burada belirleyici bir özellik kattığı belirtilmektedir. Süt yağı; su içinde yağ emülsiyonu olarak (krema, yoğurt ve peynir) veya yağ içinde su emülsiyonu (tereyağı) şeklinde dağılmaktadır. Sütteki yağ globüllerinin, sütün viskozitesi, emülsiyon stabilitesi, sütün krema oluşturma kapasitesi, yoğurt, peynir ve tereyağının kimyasal, duyusal, mikroyapı ve reolojik özellikleri üzerine etkisi bulunmaktadır. Kremanın tekstürünü iyileştirmek ve kremadan peynir altı suyunun sızmasını engellemek için süt proteinleri ve süt kaynaklı olmayan farklı stabilizatörlerin kullanılabileceği araştırmacılar tarafından ortaya konulmuştur. Stabilizatörler ürünün

viskozitesini artırırken kıvam arttırıcıların ürün bileşimine katılması, doğal yapısında ve duyuşal özelliklerinde, özellikle de kremsi tat ve spesifik kokularda azalmaya neden olabilmektedirler. Su molekülünü bağlamalarının yanı sıra polisakkaritler, süt proteinleri ile de etkileşime girerek suyun hareketini kısıtlayan ve viskoziteyi artıran bir ağ yapısı oluşturmaktadır (Özcan ve Özcan, 2022).

Prosesin en önemli kısmı, homojen bir kütle oluşana kadar uygun bir süre boyunca sürekli karıştırılarak (emülsifiye etme işlemi) ısıtmaktır. Emülsifiye etme süreci, karışımın niteliklerini, özellikle viskozitesini ve mekanik özelliklerini değiştirir ve emülsifiye etme sırasında viskozitedeki sürekli artışa kremleşme (creaming) etkisi denir. Üretimde krema, süt yağ globüllerinin boyut dağılımını ve protein ağ yapısını etkiler, böylece erimiş peynirin viskozitesini ve nihai ürünün sağlamlığını güçlendirir (Fu ve Nakamura, 2020).

Kremada bulunan süt yağı; tat ve kokunun ağızda hissedilmesine olanak sağlamakla birlikte, gıdaların görünüş, yapı ve çiğnenebilirliğine de olumlu katkıda bulunmaktadır. Özellikle peynir altı suyu proteininde, krema ilavesi dolayısıyla süt yağı içeriğinin artması; konsistensi iyileştirmekte, viskoziteyi artırmakta, serum ayrılması azalmakta ve dolayısıyla kıvamlı bir ürün elde edilmektedir (Kaminarides vd., 2013).

Kaminarides vd. (2013), yaptıkları bir çalışmada, lor peynirine krema ekleyerek sertliğin düştüğünü ve süt ekleyerek de sertliğin arttığını bulmuşlardır. Peynirin yüksek yağ içeriği protein çerçevesini zayıflattığını ve daha yumuşak bir peynir dokusu oluşturduğunu bildirmişlerdir. Sadece peynir altı suyundan yapılan peynir, esneklik açısından en düşük değere sahip olduğu kanısına varmışlardır. Bunun nedeninin kazein eksikliğinden kaynaklandığını belirtmişlerdir. Dolayısıyla kazeinin peynir elastikiyetine peynir altı suyu proteininden daha fazla katkıda bulunduğu görülmektedir. Bu durum, kazeinin peynirdeki reolojik rolünün bireysel peynir granülleri için sürekli bir elastik çerçeve sağlamak olduğunu doğrulamaktadır. Ayrıca peynir verimi, sertlik ve elastikiyetinde de istatistiksel olarak önemli farklılıklar gözlemlenmiştir.

Kremaya hidrokolloidler (polisakkaritler, proteinler veya glikoproteinler) eklenerek, jel oluşumu, su bağlama ve koyulaştırma gibi çeşitli bileşiğe özgü özellikleri sayesinde sıkı bir doku sağlamak ve viskoziteyi artırmak, peynir altı suyu ayrılmasını azaltmak amacı ile kültüre edilmiş krema ürünlerine veya krema katılmış

formülasyonlara eklenebileceği belirtilmiştir. Yaygın olarak kullanılan hidrokolloidler arasında modifiye nişasta, pektin, karragenan, keçiyoynuzu zankı ve guar zankı bulunmaktadır. Bu bileşenlerin iki veya daha fazlasının karışımları sıklıkla kullanılmaktadır. Kullanılan hidrokolloidlerin gerekliliği, tür, miktar, ulusal mevzuat, yağ içeriği, ürünün olası kullanımına ve istenilen viskozitesine bağlıdır. Düşük yağ içeren kremaya yeterli hidrokoloid ilavesi, viskoziteyi eşdeğer tam yağlı ürününe yakın bir seviyeye çıkartabilir. Yağsız süt tozu (% 2 ve % 4) veya minerali alınmış (% 50 ve % 70) peynir altı suyu protein tozu (% 2 ve % 4) kullanarak % 18 yağ içeren krema ilave edildiği bir çalışmada, süt protein miktarının arttığı gözlemlenmiştir. Bazı krema üreticilerinin viskoziteyi arttırmak için yağsız süt tozu eklediği belirtilmiştir. Homojenizasyon ve fermentasyondan önce kremadaki süt proteinlerinin yükselmesinin sonucu olarak viskozitesinin artırması beklenilmiştir. Bu olay sonucunda, hidrokolloidler ve emülgatörler gibi süt ürünü olmayan bileşenler ilave edilmeden kremanın reolojik özelliklerini olumlu etki gösterdiği belirtilmiştir (Narvhus vd., 2019).

Prudêncio vd. (2014), diafiltrasyon ile birlikte peynir altı suyu nanofiltrasyon işleminin ricotta peynirinin reolojik ve fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Termokalsik çöktirmeden sonra peynir altı suyu, nanofiltrasyona ve diafiltrasyona tabi tutulmuştur. Ricotta peynirleri fizikokimyasal, reolojik ve mikroyapısal özellikleri incelenmiştir. Reolojik özelliklerinde ricotta peynirinin deformasyonu meydana geldiği belirtilmiştir. Tüm ricotta peynirleri, mikroyapısal özellikleri ile doğrulanan, elastikten daha viskoz olma eğilimi ile karakterize edilmiştir. Bu sebeple, retenantlarından elde edilen ricotta peynirleri, peynir altı suyu kullanımı için iyi bir seçenek olarak değerlendirilebilir sonucuna varmışlardır.

Anvari ve Joyner (2018), yapılan çalışmada % 15 yağlı ve az yağlı (% 6 yağ) içeren cheddar peynirlerine konsantre emülsiyonlar eklenip karşılaştırmak amacıyla peynirlere zeytinyağı veya krema ekleyerek iki kontrol peyniri üretmişlerdir. Zeytinyağı ve krema içeren peynirler diğerlerine göre sıkıştırma altında daha fazla sertlik sergilemiştir. Tüm örneklerde G' ve G'' değerlerinin artan frekansla arttığı, G' ve G'' frekansa karşı grafiği, oluşturdukları çizgilerin genellikle paralel seyrettiği gözlemlenmiştir. Bu tepki zayıf, viskoelastik bir jelin özelliği olarak meydana geldiği

bildirilmektedir. Zeytinyağı ve krema içeren peynirler diğer peynirlere göre daha yüksek modül değerlerine sahip olduğu belirtilmiştir.

2.3.4. Balın Ürün Reolojisine Etkisi

Bal, yüksek şeker içeriğine sahip doğal bir bileşik besindir. Arılar tarafından nektar veya çam salgısından üretilir. Belli bir olgunluğa erişen ve taze olan bal, şeffaf veya yarı viskoz yapıda bir sıvıdır. Balın beslenme açısından zengin ve sağlığa faydaları bulunmaktadır. Bileşiminde bulunan mineraller, vitaminler, organik asitler ve enzimlerden dolayı sindirimi kolaydır. Besin değeri yüksek ve birçok hastalığa karşı koruyucu ve tedavi edici özellikler barındıran bir doğal gıdadır. Yaklaşık olarak % 80 karbonhidrat içermektedir. Kuru maddesinin % 95-99'unu şekerler oluşturmaktadır. Früktoz ve glikoz içeriği oldukça yüksektir. Bal yüksek karbonhidrat içerdiği için enerji değeri de oldukça yüksektir. Balın içerdiği mineral madde ise elde edilen bitkiye göre değişmektedir. Balda başlıca bulunan mineraller; klor, potasyum, sülfür, kalsiyum, silisyum, manganez, bakır, magnezyum, sodyum ve fosfordur. Protein yapıtaşlarından 20 adet amino asitin tamamını içermektedir. Bunlardan en önemlisi prolindir. Prolin balda % 50-85 oranındadır. Prolin dışında fenil alanin, tirozin, lizin, arginin, glutamik asit, histidin ve valin de bulunmaktadır (Erol, 2020; Jiang vd., 2021; Şen, 2019).

Balın en önemli reolojik parametrelerinden biri viskozitedir. Balın işleme ve depolama koşullarındaki değişimlerini ve kalite kontrolünü kavramak için farklı işleme koşulları altında balın reolojik özelliklerinin araştırılması gerekmektedir. Reolojik özellikler, gıdanın yapısal organizasyonunun daha iyi anlaşılmasına katkıda bulunan, sıvı ısı transferinin ne tür etkileri olabileceğinin bir göstergesi olabilir. Viskozite balın yapısındaki şekerlerin kompozisyonuna, hava kabarcık miktarına ve nem düzeyine göre farklılık göstermektedir. Bala en fazla viskozite kazandıran şeker disakkaritlerdir. Bala yüksek ısı işlem uygulanması durumunda viskozite azalır. Ancak yüksek ısı işlem uygulanan ballar tekrar oda ısısına getirilip bekletildiğinde viskozitenin artış gösterdiği bildirilmiştir (Jiang vd., 2021; Karadal ve Yıldırım, 2012).

Bal, eklendiği gıda kompozisyonuna duyu özelliklerini artırmasının yanı sıra tekstürel özelliklerde de iyileşme olduğu ifade edilmektedir (Mortaş, 2016). Bal ve peyniraltı suyu protein izolatu ilave edilerek üretilen farklı tatlı ve keklerde kullanımlarının ve özelliklerinin araştırıldığı çalışmada % 27.5 ve daha yüksek

miktarda bal kullanımının olumlu etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir (Yamul ve Lupano, 2003). Ayrıca bal tozu üretimi ile ilgili yapılan başka bir çalışmada ise peynir altı suyu konsantratu, gum arabik ve maltodekstrin gibi stabilizatörlerin üretime olumlu etkileri bulunduğu bildirilmiştir (Suhag ve Nanda, 2016).

Balın en önemli reolojik özelliği viskozitedir. Reolojik özellikler içerisinde sıcaklığa en hassas parametre olan viskozite, genellikle sıcaklığın yükselmesiyle birlikte moleküller arası sürtünmenin, dolayısıyla hidrodinamik kuvvetlerin azalması nedeniyle azalmaktadır. Sıcaklığın artması, başlangıçta viskozitede çok hızlı bir düşüşe sebep olurken, 30°C'nin üstündeki sıcaklıklarda viskozite azalışı yavaşlamakta ve 45-60°C arasında ise viskozitede önemli bir değişim oluşmamaktadır (Kayacier ve Karaman, 2008).

Stijepic vd. (2013), yaptıkları bir çalışmada, probiyotik soya yoğurduna bal ilavesinin reolojik etkilerini araştırmışlardır. Farklı konsantrasyonlarda (% 2, % 4 ve % 6) bal katkılı probiyotik soya yoğurdu üretilmiş ve +4°C'de depolamışlardır. Eklenen balın depolama sürecinde probiyotik soya yoğurdunun reolojik özellikleri üzerindeki etkisini incelemeyi amaçlamışlardır. 21 gün süren bu çalışmada soya yoğurdunun üretim aşamasında bal ilave edilmesi özellikle % 4 seviyesinde viskoziteyi iyileştirdiğini belirtmişlerdir. Depolamanın ilk gününden itibaren viskozitenin iyileştiği belirgin bir şekilde görülmüştür. Depolama süresi boyunca bal ilaveli soya yoğurtlarının viskozitesi ilavesiz soya yoğurduna göre biraz artırdığını belirtmişlerdir. Probiyotik soya yoğurdunun içerik olarak % 4 bal ile başarılı bir şekilde üretilebileceği sonucuna vardıklarını belirtmişlerdir. Soya sütüne % 4 bal ilavesi, 21 günlük depolama sürecinde soya probiyotik yoğurdunun sinerezisini azaltırken viskoziteyi ve WHC'yi arttırmış olduğunu gözlemlemişlerdir. Bu çalışmadan elde edilen bilgilerin, fonksiyonel fermente gıdalar için yeni bir formülasyon olarak bal ile zenginleştirilmiş probiyotik soya yoğurtlarının geliştirilmesinde uygulanabileceği kanısına varmışlardır. Elde edilen sonuçlar, bal ilavesiyle ilgili olarak soya yoğurdunun fizikokimyasal özelliklerindeki değişimin daha iyi anlaşılmasına da katkı sağladığını bildirmişlerdir.

Karasu vd. (2014), yaptıkları bir çalışmada depolama esnasında krem bal ürünlerinin termal stabilitesinin belirlenip belirlenmeyeceğini araştırmışlardır. Krem bal üzerinde yaptıkları bu çalışmada, balın yapısal değişimlerini ve termal stabilitesini belirlemek amacıyla termal döngü testini kullanmışlardır. Bu yöntem ile

krem balın termomekanik ve reolojik özellikler açısından karakterize edildiği ve krem balın 10, 25 ve 40°C sıcaklıklarda Newtoniyen olmayan tiksotropik davranış gösterdiği sonucuna varmışlardır. Sıcaklık bağımlılığını belirlemek üzere sıcaklık tarama testleri yapılmıştır. Testin verdiği sonuçlar, termal döngü testinin benzer gıda ürünlerinin termal stabilite test sonuçlarını doğrulamıştır. Krem bal yapısındaki farklı gıdalar üzerinde de doğrulanır bir bilgi olarak ortaya koymuştur. Göreceli yapısal indeks değeri termal döngü sayısı ile arttığı ve krem balın düşük stabiliteye sahip olduğunu, 5°C ve 50°C arasında uygulanan termal stres ile büyük bir yapısal değişiklik gösterdiği kanısına varmışlardır.

Wirjantoro vd. (2004), yaptıkları bir çalışmada, çiğ süte dört farklı karbonhidrat (laktoz, sakaroz, glikoz ve bal) eklemiş ve 72°C'de 15 saniye pastörizasyon işlemine tabi tutmuştur. Pastörize süt kontrol örneğinde viskozite değeri 1.89 cP iken bal katkılı pastörize süt örneğinde viskozite değeri ortalama 9.14 cP bulunmuştur.

Karaman vd. (2011), glukomannan bazlı salep-bal içeceği karışımlarında farklı ballarla (çam, çiçek ve yayla) tatlandırılmış salep içeceğinin reolojik özelliklerini incelemiştir. Bal çeşitlerinin aralarında oluşan etkileşimin salep-bal içeceği üzerine reolojik özellikleri üzerine etkilerini araştırmak için karışım tasarımı deneyleri yapılmıştır. Ayrıca optimum karışım oranlarını belirlemek için ürün optimizasyonu gerçekleştirmişlerdir. Çiçek balı, kıvam katsayısı değerlerinde en yüksek etkiyi gösteren bileşen olmuştur. Bu çalışmada, salep içeceği ballarla tatlandırıldığında reolojik özellikleri geliştirilebildiği ve salep içeceğinin kıvamını arttırmak için çiçek balı kullanılabileceği kanısına varmışlardır.

Bielska vd. (2021), bal eklenmesi ile kefirin su tutma kapasitesini, su aktivitesini, sinerezisi ve kıvamının nasıl etkilendiği üzerine araştırma yapmışlardır. Kefir ve ticari kefir örneklerine % 2.5 ve % 5 (w/w) özsu balı eklemişlerdir. Kefire balın eklenmesi, su tutma kapasitesinin artmasına ve su aktivitesinde azalmaya sebep olduğunu bildirmişlerdir. Duyusal değerlendirmede, tekstür ve ağızda bıraktığı his, kremsilik, yoğunluk ve sertlik, bal miktarı veya numunelerin saklama süresi nedeniyle değişmediği kanısına varmışlardır. Kefir üretiminde farklı starter kültürlerin kullanılması ile özsu balı eklenmesi doku parametrelerini etkileyerek 4.8 kata kadar artan viskozite indeksi sağladığını tespit etmişlerdir.

Ammar vd. (2014), bal ve zeytinyağı ilave edilmiş yoğurdun reolojik, kimyasal, mikrobiyal ve organoleptik özelliklerindeki değişiklikleri buzdolabında (4°C) 15 gün boyunca depolama süresince izlemişlerdir. Sütün bal ve zeytinyağı ile desteklendirilmesi ile pıhtılaşma süresi üzerinde net bir etki yaratmamış ancak pıhtı gerginliğini arttırmış ve pıhtı sinerezis değerlerini azaltmış olduğunu bulmuşlardır.

Machado vd. (2017), probiyotik içeren keçi yoğurduna balın eklenmesinin etkilerini araştırmışlardır. Bu çalışma 28 günlük depolama sürecinde gerçekleştirilmiştir. Keçi yoğurdunda balın eklenmesi bazı özellikleri olumlu yönde etkilemiş olduğu sonucuna varmışlardır. Ayrıca yoğurdun görünür viskozitesinde, eklenen bal miktarıyla doğru orantılı olan bir artışa yol açtığını bildirmişlerdir.

Stijepic vd. (2021), yaptıkları bir çalışmada, keçi peynir altı suyu proteini, bal katkı konsantresi ve santrifüj hızının, 14 gün depolama sürecinde asidoofilus sütünün indüklenen sinerezis yoğunluğu üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. % 2.8 süt yağı içeren taze süt, % 0.5 ve % 1.5 konsantrasyonda keçi peynir altı suyu proteini eklendikten sonra 95°C'de 10 dakika boyunca 55°C'ye soğutulduktan sonra % 1 oranında bal eklemişlerdir. Daha sonra örnekler monokültür ile aşılanmıştır. Yoğurt mayası (LA-5®Chr. Hansen) 37°C'de inkübe edilmiştir. pH 4.6'ya ulaşıncaya 5°C'de muhafaza edilmiştir. Sinerezis, jelin 1000 ve 3000 devir/dakikada 10 dakikalık bir süre içinde santrifüjlenmesinden sonra izole edilmiş serumun (a/a) yüzdesi (%) olarak verilmiştir. Analiz sonuçları, artan santrifüj hızının daha yüksek peynir altı suyu salgısına (artan sinerezis) neden olduğunu göstermiştir. Peynir altı suyu proteini konsantrasyonunun daha yüksek içeriği (% 1.5), sinerezis ve ayrıca daha yüksek ayrılmayı olumsuz etkilemiştir. Ürün kalitesinin önemli bir reolojik göstergesi olarak sinerezis için bu veriler, fermente süt üretimi üretiminde peynir altı suyu proteini konsantresi ve bal takviyelerinin optimize edilmesine imkân sağladığını bildirmişlerdir.

2.3.5. Zeytinyağının Ürün Reolojisine Etkisi

Dünyanın en eski kültür bitkilerinden *Olea europaea sativa* ağacının meyvesi olan zeytin; kışları ılık ve yağışlı, yazları sıcak ve kurak olan iklim bölgelerinde yetişmekte, bileşim olarak % 50-60 su, % 18-25 yağ, % 1.5-2 protein, % 1.5 mineral madde ve geri kalan kısımda şeker, selüloz, hidrokarbon, polifenoller ve tokoferollerden oluşmaktadır. Zeytinyağı ise zeytin meyvesinin özelliklerini değiştirmeyecek şekilde presleme, santrifüjleme ve perkolasyon yöntemleri

uygulanarak elde edilen berrak bir renge sahip, sarıdan yeşile dönebilen renkte, kendine has bir tat ve kokusu olan ve doğal haliyle tüketilebilen bir yağdır. Zeytinyağı; Natürel, Rafine, Riviera ve Çeşnili olmak üzere dört gruba ayrılmaktadır (Sarı, 2017; Yazlak, 2012; Yılmaz-Çevik, 2015).

Zeytinyağı, % 98 trigliserit, % 2 serbest yağ asitleri, fenolik maddeler, hidrokarbonlar, uçucu bileşenler, antioksidanlar ve alifatik gibi 230 ayrı minör bileşenden oluşmaktadır. Yağ asitlerinden zeytinyağında başlıca palmitik asit, stearik asit, oleik asit ve linoleik asit bulunmaktadır. Stearik ve palmitik asit başlıca doymuş yağ asidi iken oleik asit zeytinyağındaki en önemli tekli doymamış yağ asididir. Zeytinyağının renk, acılık ve aroma gibi özelliklerini fenolik bileşikler etkilemekte ve zeytinyağındaki fenolik asit ve alkol, flavanoid ve lignan gibi fenolik gruplar bulunmaktadır. Zeytinyağının sabunlaşmayan kısmının % 40'ını oluşturan squalene zeytinyağında bulunan başlıca hidrokarbondur ve kolesterol biyosentezinin ana ürünüdür. Antioksidan özellik gösteren tokoferollerden α -tokoferol zeytinyağında toplam tokoferolün % 95'ini oluşturmaktadır. Zeytin çeşidine bağlı olmakla beraber tokoferol içeriği 5-300 ppm arasında değiştiği bildirilmektedir (İlyasoğlu, 2009; Kaçar, 2010).

Yalnız başına sıvı yağ içeriği, karışımın viskozitesini düşürdüğü için 3B gıda baskısı için uygun değildir. Ayrıca yağın suya oranının uygun olmaması da çok bileşenli sistemde ayrışan fazlara neden olabilmektedir. Fakat 3B gıda baskısı için, sıvı yağın diğer makro besinlerle (karbonhidrat, protein vb.) yazdırılabilirlik üzerindeki etkileşiminde yumuşaklık ve kayganlık sağladığı belirtilmiştir (Liu ve Ciftci, 2021).

Barrantes vd. (1996), yaptıkları çalışmada susuz süt yağı (% 1.5 w/w) içeren yoğurtlara karşı süt yağının yerine zeytin, ayçiçeği veya mısır yağları kullanarak karşılaştırmışlardır. Süt yağı içeren ürüne göre bitkisel yağ olan ürün denemelerinde peynir altı suyu ayrımı daha yüksek ve sertlik daha düşük olduğu belirtilmiştir. Zeytinyağı ve susuz süt yağı içeren yoğurtlar en yüksek viskozite (2.36 centipoise) değerini göstermişlerdir.

Kontou vd. (2019), tarafından yapılan çalışmada bileşenleri geleneksel Yunan peynirlerinin, peynir altı suyu ve beyaz peynirin 0.9/0.1 oranında karışımı olan peynirlerden seri peynir hazırlayarak 92-98°C'de pastörize etmişlerdir. Birinci seride sadece bu karışım bulunurken diğer serilerde karışım dışında UHT süt, su ve

zeytinyağı ilave edilerek numuneler hazırlanmıştır. Numuneler arasında en belirgin çeşitli akış davranışlarını zeytinyağı içeren numunede görülmüştür. Zeytinyağı varlığının etkisi eklenen miktarla orantılı olarak viskozitede azalmaya neden olmuştur.

Anvari ve Joyner (2018), yapılan çalışmada (% 15 yağ) ve az yağlı (% 6 yağ) içeren cheddar peynirlerine konsantre emülsiyonlar eklenip karşılaştırmak amacıyla peynirlere zeytinyağı veya krema ekleyerek iki kontrol peyniri üretilmiştir. Zeytinyağı ve krema içeren peynirler diğerlerine göre sıkıştırma altında daha fazla sertlik sergilemiştir. Tüm örneklerde G' ve G'' artan frekansla artmış, G' ve G'' frekansa karşı grafiği oluşturdıkları çizgilerin genellikle paralel olduğunu göstermiştir. Bu tepki zayıf, viskoelastik bir jelin özelliği olduğu düşünülmektedir. Zeytinyağı ve krema içeren peynirler diğer peynirlere göre daha yüksek modül değerlerine sahip olduğu belirtilmiştir.

Güven vd. (2018), tarafından yapılan çalışmada farklı yağ türleri kullanılarak dondurma miksleri geliştirilerek ürünlerin yapısal, fizikokimyasal ve fiziksel ölçümleri değerlendirilmiştir. Bu amaçla süt yağı, fındık yağı ve zeytinyağı toplam % 12 olacak şekilde farklı konsantrasyonlarda hazırlanmıştır. Bunlar % süt yağı % fındık yağı % zeytinyağı olarak şu şekilde verilmiştir; 12:0:0, 0:12:0, 0:0:12, 6:6:0, 6:0:6, 0:6:6, 4:4:4. Dondurmanın görünür viskozite değerleri ölçümlerinde en düşük viskoziteyi içinde süt yağı ve fındık yağı bulunmayan % 12 zeytinyağı içeren dondurmada ölçüldüğü bildirilmiştir.

Hamad vd. (2021), tarafından yapılan çalışmada labne üretiminde zeytinyağı, ayçiçek yağı, mısır yağı ve susam yağı kullanılmıştır. Labneler yağsız süt tozu ve % 1-2 bitkisel yağlar kullanılarak üretilerek kimyasal, reolojik, mikrobiyolojik ve organoleptik özellikleri incelenmiştir. % 1 zeytinyağı içeren labnede kırılma 2.8 ölçülürken konsantrasyonun % 1 artırılmasıyla kırılmada artış göstermiştir. Yapışkanlık değerlerinde konsantrasyon arttıkça artış göstermiştir. Buna karşılık sertlik değerinde konsantrasyonun artmasıyla değerlerin düştüğü bildirilmiştir.

Ammar vd. (2014), yaptıkları çalışmada laktik asit bakterileri (*Lactobacillus acidophilus*, *bifidobacteria*, *Streptococcus thermophilus*) kullanarak yapılan yoğurtlara çeşitli konsantrasyonlarda (% 1, % 2, % 4) zeytinyağı ilave ederek 15 gün buzdolabında (+4°C) saklanması sırasında yoğurdun reolojik, kimyasal ve organoleptik özelliklerindeki değişiklikleri incelemişlerdir. Zeytinyağı ilavesinin

pıhtılaşma süresi ve pıhtı sıklığı üzerinde net bir etkisi yokken, yoğurdun sinerezisini azaltmıştır. Bu durumun zeytinyağının ilavesiyle yoğurttaki toplam katı maddelerin artmasına bağlı olabileceğini bildirmişlerdir. Yapılan duyuşsal analizlerde; panelistlerin çoğu zeytinyağı ilavesinin yoğurdun yapısını iyileştirdiğini belirtmişlerdir.



2.4. Yanıt Yüzey Yöntemi (RSM)

Faktörler ve yanıtlar arasındaki ilişkileri ifade etmek için matematiksel ve istatistiksel yaklaşımların tespitinde Yanıt Yüzey Yöntemi son zamanlarda sıklıkla tercih edilmektedir. Optimizasyon yöntemlerinin genelinde değişkenlerin değerlendirilmesi için bir parametre değiştirilir iken diğer parametreler ise sabit tutulmaktadır. Dolayısıyla çok fazla girdi içermesi ve bu durumun da fazla zaman alması dezavantaj olmaktadır. Ayrıca işlem parametrelerinin birbirleri ile olan interaksiyonlarının elde edilmesi ve gerekli verilerin ortaya konması zorlaşmaktadır (Cochran ve Cox, 1957; Mortaş 2016). Faktörler bağımsız (değiştirilebilir) değişken iken bağımlı değişkenler (yanıtlar) ise yapılan deneylerden elde edilen sonuç değerleridir (Seyrekoğlu, 2020).

Değişkenlerin değerlendirilmesi farklı disiplinlerde olduğu gibi gıda alanında da dikkate alınması gereken faktörlerdendir. Zaman ve maliyet artışı olmadan üretim sürecinin verimliliğinin iyileştirilmesi ve değişkenlerin etkileşiminin doğru bir şekilde ortaya konulması Yanıt Yüzey Yöntemi (Response Surface Methodology) ile mümkün olmaktadır (Montgomery, 2005). Yanıt Yüzey Yöntemi (RSM), bağımlı değişkenler ile bağımsız değişkenler arasındaki bağlantıyı veya ilişkiyi tespit etmek için tercih edilen bir yöntemdir. Bu yöntem özetle sistemin yanıtını etkileyen çok sayıda değişkeni bir arada ve eş zamanlı olarak inceledikten sonra sistemin işlem parametrelerine verdiği yanıtı en az sayıda deneme planı yaparak en iyi şekilde tanımlayabilen bir metot olarak karşımıza çıkmaktadır. Çalışma denemesi oluşturulurken amaç, en az sayıda deneme planı ile en fazla data verisini toplamak olmalıdır. Deneme sayısının gerekenden fazla olması hem zaman kaybı hem de ek maliyete sebep olabilmektedir. Bu amaçla çalışılan prosese uygun bir deneme planı oluşturulmalıdır. Çok düşük iş gücü ve maliyetle maksimum verim alınması yoluna gidilmelidir (Brereton, 2007; Cox ve Reid, 2000; Seyrekoğlu, 2020). Deneysel alanda sınırlar; değişkenlerin maksimum ve minimum seviyelerini tanımlamaktadır. Ayrıca, değişken seviyeleri belirtilmeli ve bu seviyeler deneyin gerçekleştirilmesi gereken sınır değerleri olmaktadır (Eren, 2004; Paulo ve Santos, 2017).

Yanıt Yüzey Yöntemi ile optimizasyon, kullanılan üretim yöntemlerini optimize ve valide etmek, formülasyonlarda iyileştirmeyi sağlamak ve ekonomik açıdan verimliliği tahsis etmek amacıyla gıda mühendisliği alanında sık sık kullanılmaktadır. Çünkü Yanıt Yüzey Yöntemi ile bu konuda çalışan araştırmacılar için tüm denemeyi temsil edecek şekilde daha az deneme parametresi ile daha hızlı bir şekilde sonuca varabilmektedirler (Baş ve Boyacı, 2007; Mortaş 2016; Seyrekoğlu, 2020).

Yanıt Yüzey Yönteminde 1. veya 2. dereceden denklemlerden (polinomiyal) yararlanılarak bağımsız değişken ile bağımlı değişken arasındaki etkileşim ölçülebilir. Bu amaçla aşağıdaki eşitlik kullanılmaktadır (Montgomery, 2005; Seyrekoğlu, 2020).

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n) + \varepsilon$$

Denklemden gösterilen Y: yanıt, f: bağımsız değişkenlerin sürekli fonksiyonu, n: bağımsız değişkenlerin sayısı, ε : istatistiksel hata

Yanıt Yüzey Yöntemi kısaca üç aşamada yapılmaktadır. Bunlar eleme denemeleri, bölge araştırması ve optimizasyondur. Hem az sayıda ve hem de daha verimli asıl deney planı yapılması için eleme denemeleri aşamasını ikinci aşama olan bölge araştırması takip eder. Eleme denemeleri ile bağımsız değişkenler belirlendikten sonra sistemde verdikleri yanıtların optimum noktaya ne kadar yaklaştığı tespit edilmektedir. Aşamalardan sonuncusu ise optimizasyon aşamasıdır. Optimizasyon aşamasında tüm yanıtların istenilen aralıkta optimize olduğu koşullar belirlenebilmektedir (Koç ve Ertekin, 2010; Mortaş, 2016).

İstenirlik fonksiyonu (desirability) sistem yanıtlarının optimum noktada birleştirebilen bir parametredir. 0 ile 1 arasında değişmektedir. Eğer değer 1'e yaklaşırsa istenirlik artmaktadır. Modelin uygunluğu regresyon katsayısı (R^2), düzeltilmiş regresyon katsayısı ($Adj-R^2$), tahminlenmiş kalıntı kareler toplamı (TKHKT) ve tahminlenmiş çoklu belirleme katsayısı ($Pre-R^2$) kullanılarak ölçülmektedir (Koç, 2009; Mortaş, 2016).

Üç boyutlu baskısı yapılabilir ürün formülasyonunun optimum konsantrasyonlarını elde etmek için Yanıt Yüzey Yöntemi kullanılmıştır. Design Expert 13 (deneme versiyonu) programında, Central Composite Design deneme planı uygulanarak en iyi özellikteki formülasyon üretilmeye çalışılmış ve optimize edilmiştir. Ksantan gam, mısır nişastası, krema ve bal değişkenlerinin model sistemde, alt ve üst limitlerinin görüntü işleme ve baskı puanı ile tespit edildiği tekstürel (sürülebilirlik) ve reolojik (viskozite) özellikleri üzerine verdiği yanıtların modellenmesi yapılarak optimize edilmiş ve optimize edilen formülasyon örneğine sonraki aşamada nar ve portakal kabuğu ekstraktları farklı oranlarda eklenerek fonksiyonelliklerini arttırma yoluna gidilmiştir.



3. MATERİYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Lor Üretimi İçin Kullanılan Materyaller

Peynir Altı Suyu: Samsun ilinde üretim yapan süt işleme fabrikalarından enzim ile pıhtılaştırılmış kaşarın peynir altı suları toplanmıştır.

Kalsiyum Klorür (CaCl₂): Lor üretiminde pıhtılaşmayı desteklemesi için peynir altı suyuna Aromel Kimya firmasının gıdaya uygun % 99 oranında suda çözünür kalsiyum klorür (CaCl₂) kullanılmıştır.

Tuz (NaCl): Lor üretimi için piyasadaki marketlerden sofr tuzu temin edilmiştir.

3.1.2. Üç Boyutlu Baskısı Yapılabilir Zenginleştirilmiş Fonksiyonel Lor Bazlı Ürün Elde Etmek İçin İlave Edilen Yardımcı Maddeler

Ksantan Gam: Yapının iyileşmesi için Metro market firmasından Metro Chef Ksantan Gam Kıvam Artırıcı (100 g) temin edilmiştir.

Mısır Nişastası: Jelatinizasyon ve yapının su tutması için Metro market firmasından Kent Boringer Mısır Nişastası (200 g) temin edilmiştir.

Bal: Duyusal kalitenin ve yapının iyileşmesi için Köfteci Yusuf firmasından Binboğa Bal (850 g) temin edilmiştir.

Krema: Formülasyonda tekstürün iyileşmesi için yerel marketlerden Pınar % 35 yağlı UHT krema (200 mL) temin edilmiştir.

Zeytinyağı: Karışımın zenginleşmesi için Orkide Sızma Zeytinyağı (1 L) temin edilmiştir.

Nar ve portakal: Kabuk ekstraktlarının üretiminde kullanılacak olan nar ve portakal meyveleri yerel marketlerden temin edilmiştir.

3.2. Yöntem

Temin edilen peynir altı sularından lor üretimi gerçekleştirilmiştir. Lor peynirleri daha sonra kurutularak toz haline getirilmiştir. Kurutulan lor tozlarına diğer yardımcı bileşenler ilave edilerek zenginleştirilmiş lor bazlı formülasyonu üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu formülasyonun ızgara (grid) 3B baskısı alınarak ilgili analizler yapılmış ve optimizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra üretimi önceden gerçekleştirilen nar ve portakal kabuğu ekstraktları optimize edilen formülasyona ilave edilerek hem zenginleştirilmiş hem de fonksiyonelliği artırılmıştır. Tekrar yeni formülasyona hem ızgara 3B baskısı hem de uçak modeli 3B baskısı gerçekleştirilmiş olup fizikokimyasal, mikro yapı, fenolik madde içeriği, antioksidan aktivitesi ve duyu analizler yapılmıştır. Çalışmaların özet halinde yöntem şeması Şekil 3.1’de gösterilmiştir.

3.2.1. Peynir Altı Suyundan Lor Üretimi

Lor peynirinin üretimi Samsun Tekkeköy’de bulunan KARSÜT - Karadeniz Süt ve Süt Ürünleri Gıda Sanayi A.Ş. firmasında fabrikanın prosesine göre üretilmiştir. Samsun ilinde üretim yapan süt işleme fabrikalarından peynir altı suyu temin edilmiştir. Daha sonra temin edilen peynir altı suları 55°C’ye ısıtılıp CaCl_2 (62.5 gram/100 litre) ilavesi yapıldıktan sonra tekrar 75°C’ye ısıtılıp NaCl (750 gram/100 litre) eklenmiştir. Ardından 90-95°C pastörizasyon sıcaklığında ısıl işleme devam edilmiş ve pıhtılaşma sağlanmıştır. Pıhtılaşma işleminden sonra pıhtının çökmesi ve soğuması için bir süre beklenilmiş ve pıhtı bez torbalarda preslenerek lor elde edilmiştir. Yaklaşık olarak 100 litre peynir altı suyundan 1.7-1.8 kg taze lor elde edilmiştir. Lor fizikokimyasal özellikler yönünden analiz edilmiştir: Toplam kuru madde miktarı % 25, Protein miktarı % 10, Kül miktarı % 4.5, Tuz miktarı % 1.5, Yağ miktarı % 0.4, Toplam asitlik miktarı (laktik asit cinsinden) % 0.21, pH değeri 6.63 ortalama değer olarak bulunmuştur.

Materyaller

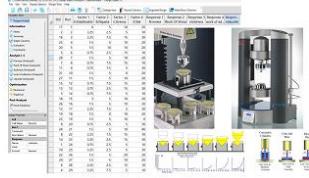
Peynir Altı Suyundan Lor Üretimi (3.2.1)



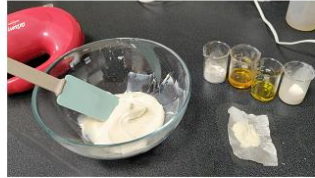
Lor Peynirinin Kurutularak Lor Tozu Elde Edilmesi (3.2.2)



Deney Tasarımı (3.2.3)



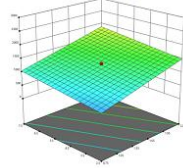
Zenginleştirilmiş Lor Bazlı Formülasyon Üretimi (3.2.4)



Üç Boyutlu Gıda Yazıcısında Izgara (Grid) Modeli Baskısı (3.2.5)



Optimizasyon ve Validasyon (3.2.7)



Nar ve Portakal Kabuğu Ekstraktı Üretimi (3.2.11)



Optimize Edilen Formülasyona Ekstrakt İlavesiyle Zenginleştirilmiş Fonksiyonel Lor Bazlı Formülasyon Üretimi (3.2.12)



Üç Boyutlu Gıda Yazıcısında Uçak Modeli Baskısı (3.2.14)



Formülasyon Üretimleri

3B Baskılar

Şekil 3.1. Yöntem şeması

3.2.2. Lor Peynirinin Kurutularak Lor Tozu Elde Edilmesi

Elde edilen lor peynirleri -40°C 'de 3 gün bekletilmiştir. Daha sonra blenderde parçalanarak toz haline getirilen donmuş haldeki lor parçacıkları fanlı etüvde 40°C 'de 24 saat kurutulmuştur. Kurutulan lor peynirleri (kuru madde % 96) kahve öğütücüsünde çekilerek partikül boyutları küçültülmüştür. Çekilen lor peynirleri önce 120 mesh filtre bezinde elenip tekrar öğütülmüş ve daha sonra 140 mesh filtre bezinde elenmiştir (Şekil 3.2). Elenen lor tozları oda sıcaklığında formülasyon hazırlanana kadar depolanmıştır.



Şekil 3.2. Lor peynirinden lor tozu üretimi

3.2.3. Deney Tasarımı

Deney tasarımı için üretimde kullanılacak değişkenlere göre Yanıt Yüzey Yöntemi Central Composite Design planı Design Expert 13 (deneme versiyonu) programı kullanılarak 29 adet deneme planı (Center points: 5) belirlenmiş ve üretimler bu model desene göre gerçekleştirilmiştir. Central Composite Design Yanıt Yüzey Yöntemine göre faktör değişkenlerimiz ksantan gam: 0-3 g arası, mısır nişastası: 0-10 g arası, krema: 0-20 g arası ve bal: 0-40 g arası seçilmiştir. 29 adet deneme planı Tablo 3.1’de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Optimizasyonda kullanılan Central Composite Design 29 adet deneme planı

Deney no	Ksantan Gam (g)	Mısır Nişastası (g)	Krema (g)	Bal (g)
1	0.75	2.5	5	10
2	2.25	2.5	5	10
3	0.75	7.5	5	10
4	2.25	7.5	5	10
5	0.75	2.5	15	10
6	2.25	2.5	15	10
7	0.75	7.5	15	10
8	2.25	7.5	15	10
9	0.75	2.5	5	30
10	2.25	2.5	5	30
11	0.75	7.5	5	30
12	2.25	7.5	5	30
13	0.75	2.5	15	30
14	2.25	2.5	15	30
15	0.75	7.5	15	30
16	2.25	7.5	15	30
17	0	5	10	20
18	3	5	10	20
19	1.5	0	10	20
20	1.5	10	10	20
21	1.5	5	0	20
22	1.5	5	20	20
23	1.5	5	10	0
24	1.5	5	10	40
25	1.5	5	10	20
26	1.5	5	10	20
27	1.5	5	10	20
28	1.5	5	10	20
29	1.5	5	10	20

3.2.4. Zenginleştirilmiş Lor Bazlı Formülasyon Üretimi

Deney örneklerinin hazırlanmasında ana bileşen olarak 54 gram lor tozuna önceden 60°C'ye ısıtılmış 146 mL içme suyu ilave edilmiş ve blenderde 15 dakika karıştırılarak homojen hale gelmesi sağlanmıştır. Hazırlanan karışım 12 saat +4°C'de buzdolabında bekletilmiştir. Buzdolabından çıkan karışımın içerisine Tablo 3.1'deki model desen planına göre önce mısır nişastası ve ksantan gam ilave edilmiştir ve mikserle karıştırılmıştır. Daha sonra sırasıyla 7.5 g zeytinyağı ve Tablo 3.1'deki model desen planına göre krema ve bal ilave edilerek tekrar iyice karışana kadar miks edilmiştir. Homojen hale gelen her karışım için 200 g tartılarak mikrodalga fırında 800 watt gücünde 120 saniye (72°C) pişirme prosesi uygulanmıştır. Daha sonra nişastanın jelatinize olması ve yapının toparlanması için silikon spatül yardımıyla karışım 30 saniye karıştırılarak Ultrases Sonikasyon (Sonics Vibracell VCX750, 219-A prope, A.B.D) cihazı ile % 50 amplitude, 50/02 pulse, 2 dakika ayarlarda 3 defa homojenize edilmiştir (Şekil 3.3). Homojenizatör ve emülsifiye edici tuzlar kullanılmadan üretilen karışımlar daha sonra 330 cc'lik cam kavanozlara alınarak baskı öncesi buzdolabında (+4°C) depolanmıştır.



Şekil 3.3. Zenginleştirilmiş lor bazlı formülasyon üretiminde uygulanan işlemler

3.2.5. Üç Boyutlu Gıda Yazıcısında Izgara (Grid) Modeli Baskısı

3.2.5.1. Üç Boyutlu Gıda Yazıcısı

Gıda endüstrisinde Üç Boyutlu (3B) yazdırma elle yaratılması zor olan şekiller, dokular, tatlar ve formların yenilebilir şekilde üretilmelerine olanak sağlamaktadır. Ayrıca malzemeler akışkan püre haline getirilebildiği sürece, tüm gıdalar basılabilmektedir. Asıl nokta, basılan her gıda maddesinin bir yüzey üzerine şırınga vb. piston mekanizması yoluyla ekstrüde edilerek zorlanması gerektiğidir. Bir başka avantajı ise gıda porsiyonu boyutlarında daha sıkı kontrol sağlayabilmekte ve böylece aşırı tüketimi azaltabilmektedir. Dolayısıyla hammaddelere eklenen koruyucular, katkı maddeleri ve diğer kimyasalları düzenleyebilme ve böylece daha güvenilir bir proses planı yapılabilmektedir. Daha az israf edilebilir ve sürdürülebilir gıda üretimi yöntemi olarak kullanılabilmektedir (Godoi vd., 2019). Piyasada ticari olarak satılan üç boyutlu gıda yazıcıları Tablo 3.2’de gösterilmiştir.

Tablo 3.2. Bazı firmaların piyasaya sunduğu üç boyutlu gıda yazıcıları (Godoi vd., 2019)

Firma Adı	Şehir/Ülke	Cihaz Adı	Yazdırılabilecek hammaddeler	Görsel
Natural Machines	Barcelona/İspanya	Foodini	Çeşitli gıda hammaddeleri	
byFlow	Eindhoven/Hollanda	Focus	Çeşitli gıda hammaddeleri	
Choc Edge	Exeter/İngiltere	Choco Creator	Çikolata	
Dovetailed	Cambridge/İngiltere	Nufood	Meyve suyu kürecikleri (Hayvar Şekli)	
Print2taste	Freising/Almanya	Procusini	Badem ezmesi ve çikolata	
XYZprinting	New Taipei City/Tayland	XYZ Food Printer	Çeşitli gıda hammaddeleri	
Storebound	New York/Amerika Birleşik Devletleri	PancakeBot	Un hamuru	

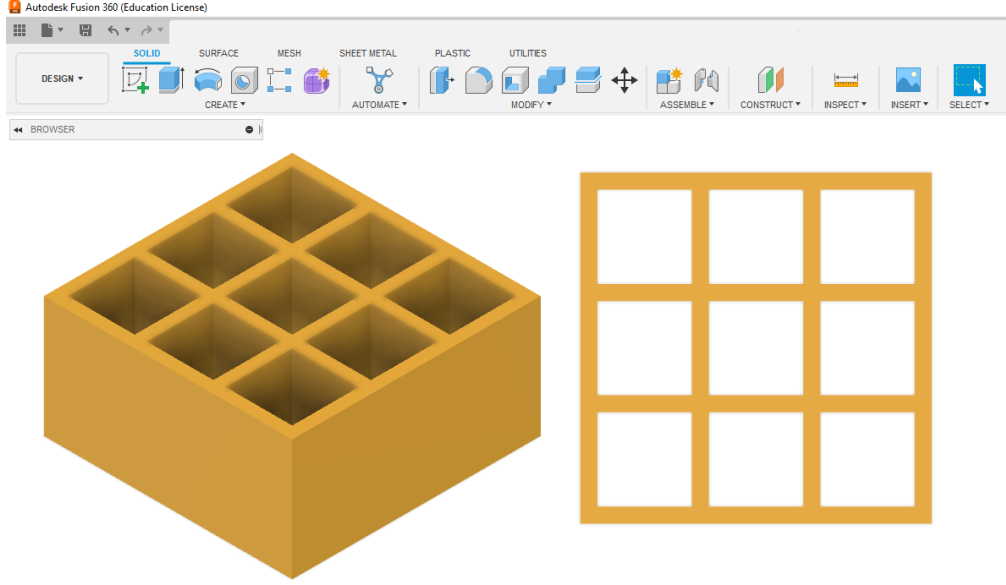
Ürün formülasyonlarının baskısı için Tablo 3.2’de yer alan üç boyutlu gıda yazıcıları gibi çalışabilecek daha uygun maliyetli bir üç boyutlu gıda yazıcısı temin etme yolları araştırılmıştır. Bu amaç için kartezyen tipte çalışan ve dünyada FDM kategorisinde en çok satılan üç boyutlu yazıcılardan biri olan Creality marka (Shenzhen/Çin Halk Cumhuriyeti) Ender 3 Pro model üç boyutlu yazıcı (Şekil 3.4) önceden temin edilmiştir. Ayrıca hazırladığımız formülasyonların baskısı için 75 mL hacme ve 1.1 mm nozül çapına sahip paslanmaz çelik kartuşlu gıda yazdırma başlığı (www.digitalgastronomi.com) temin edilmiş olup cihazın orijinal ekstrüderi ile değiştirilerek monte edilmiştir. Sistemi denemek için önceden hazırladığımız akışkan gıda madde formülasyonları (patates püresi vb.) besleme kartuşuna aktarılarak baskı çalışmaları yapılmış ve başarılı olunmuştur (Kılıç ve Temiz, 2022).



Şekil 3.4. Creality Ender 3 Pro marka üç boyutlu yazıcı

3.2.5.2. Üç Boyutlu Izgara Modeli

Yazdırılabilirliğin tespiti için ilk olarak Şekil 3.5’te gösterilen ızgara modeli Autodesk Fusion 360 (Education Licence) üç boyutlu modelleme programında tasarlanmıştır. Model, kare şeklinde tasarlanmış ve içerisinde 9 adet kare boşluk (gap) bulunmaktadır. Modelin ebatları: En ve boy 41 mm, yükseklik 20 mm’dir. Her bir kare boşluğun kenar uzunlukları ise 11 mm’dir.

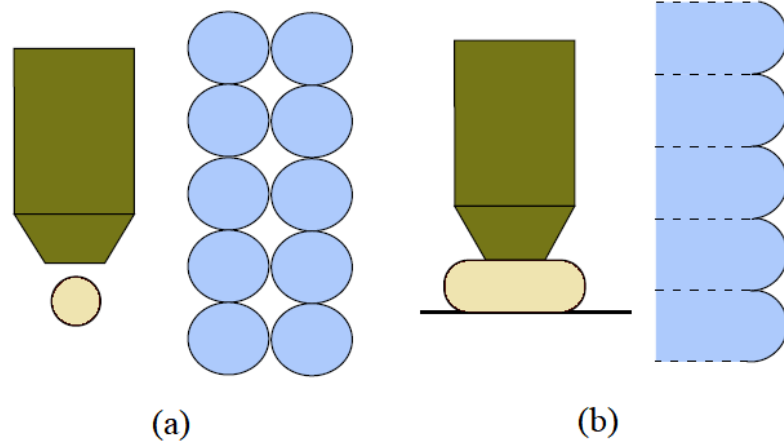


Şekil 3.5. Autodesk Fusion 360 programında tasarlanan ızgara (grid) modeli

3.2.5.3. Üç Boyutlu Izgara Modelinin Dilimlenmesi (G-kodu) ve baskı işlemi

Üç boyutlu baskının ikinci ve en önemli kısmı dilimleme (slicing) adı verilen aşamadır. Bilgisayar destekli dizayn (CAD) yazılımı ile tasarlanan model genellikle STL, OBJ, AMF dosya formatına dönüştürülerek dilimleme işlemine hazırlanır. STL, poligon bilgilerinden oluşan dilimlemeye hazır bir model formatıdır. Bu bilginin üç boyutlu yazıcılar tarafından okunup anlaşılabilmesi için makine dili yani G-kodu'na dönüştürülmesi gerekmektedir. G-kodu, makine eksenlerinin nasıl hareket etmesi gerektiğini baskının her aşamasında tanımlayan kodlar bütünüdür. Dilimleme (slicing) işlemi 3B üretim prosesinin en dikkat edilmesi gereken aşamasıdır. Çünkü dilimleme sisteminde baskı parametrelerinin çoğu (katman yüksekliği, ebat, çözünürlük, dolgu, yazdırma hızı vs.) çıkacak ürünün özellikleri üzerine doğrudan etkisi bulunmaktadır (Godoi vd., 2019; Taşdelen vd., 2019).

Katman yüksekliği ile nozül çapı arasındaki ilişki 3B gıda baskısında önemli parametrelerden bir tanesidir. 3B baskı teknolojisinde teorik olarak katman yüksekliği, nozül çapının yarısı olarak hesaplanır. Fakat gıda baskısı söz konusu olduğunda farklı reolojik davranışlarından dolayı nozül çapının yarısından daha az veya fazla olabilmektedir (Şekil 3.6). Bu durum gıda katmanlarının düzenli bir şekilde serilerek üst üste biriktirilebilmesi için önemlidir. Eğer katmanlar üst üste düzgün bir şekilde biriktirilmez ise 3B baskıda hatalar gözlemlenebilmektedir (Godoi vd., 2019).



Şekil 3.6. Farklı katman yüksekliklerinde baskı durumu (a) Katman yüksekliği nozul çapına eşit (b) Katman yüksekliği nozul çapından düşük (Godoi vd., 2019)

Izgara modelinin üç boyutlu gıda yazıcısına uygun bir şekilde dilimlenebilmesi için Ultimaker Cura 5.1 programı kullanılmıştır. Üç boyutlu baskı işlem parametreleri Tablo 3.3'te gösterilmiştir.

Tablo 3.3. Üç boyutlu baskı işlem parametreleri

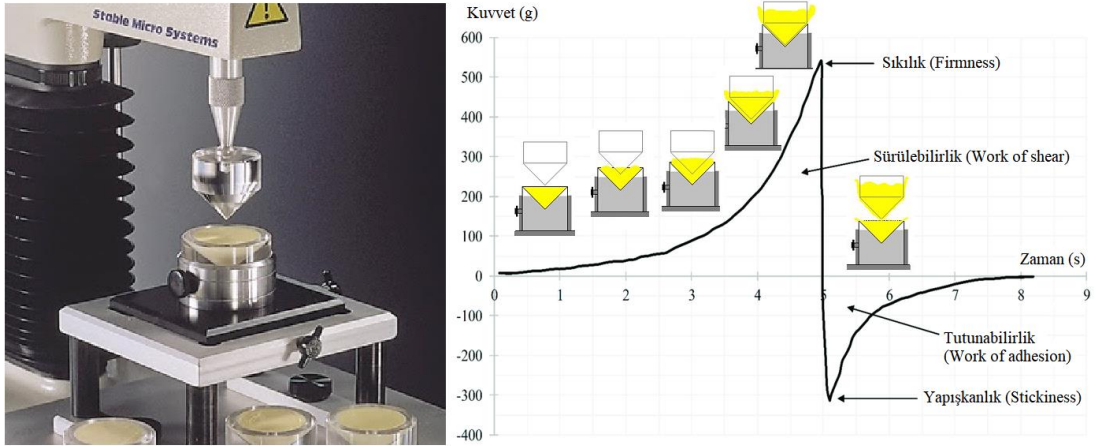
Materyal tipi	: Yarı akışkan	Geri çekme	: Kapalı
Çalışma şekli	: Doğrudan ekstrüzyon	Yazdırma hızı	: 10 mm/s
Çalışma alanı	: 235 x 235 x 200 mm	Ekstrüzyon hızı	: 13 mm ³ /s
Kartuş hacmi	: 75 mL	Katman yüksekliği	: 1 mm
Nozul çapı	: 1.1 mm	Katman sayısı	: 13
Kartuş sıcaklığı	: 28°C	Duvar sayısı	: 2
Tabla materyali	: Cam	Doluluk	: % 0
Tabla sıcaklığı	: Yok	Fan hızı	: % 0

Dilimleme yapıldıktan sonra elde edilen G-kodu yazıcıya yüklenmiştir. Karışımlar kartuşlara hava kabarcığı olmayacak şekilde doldurulmuştur. Kartuşlar yazıcıya yerleştirilerek baskı işlemi Tablo 3.3'teki parametrelere göre gerçekleştirilmiştir. Baskı yapılan ortamın sıcaklığı 20-22°C'dir. Baskı işlemi esnasında soğutma (fan) uygulaması yapılmamıştır. İşlem bittikten sonra 5 dakika beklenilmiş ve farklı açılardan fotoğrafları çekilmiştir.

3.2.6. Yazdırılabilirliğin/Basılabilirliğin Optimum Şartlarının Belirlenmesi İçin Uygulanan Analizler

3.2.6.1. Tekstür (Sürülebilirlik) Analizi

Model desen örneklerinin sürülebilirlik özelliklerinin belirlenmesinde Texture Analyser TA.XT Plus (İngiltere) cihazı kullanılmıştır. 2 mm.s^{-1} crosshead hızında 1.2 cm çapındaki probun (kod: HDP/SR-Spreadability Rig) 25 mm yüksekliğe ulaştıktan sonra örneğe daldırılıp 23 mm derinliğe ulaşması ile ölçüm yapılmıştır. Tekstür profil analiz tekniğine göre ölçülen zamana karşılık gelen kuvvet grafiklerinden örneklerin tekstürel özellikleri hakkında bilgi veren parametrelerin hesaplanması Texture Analyser TA.XT Plus'ın kendi yazılımında yapılmıştır. Tekstürel özellik olarak Sıklık (Firmness), Sürülebilirlik (Work of shear), Yapışkanlık (Stickiness), Tutunabilirlik (Work of adhesion) değerleri grafiksel olarak tespit edilmiştir (Mortaş, 2016).



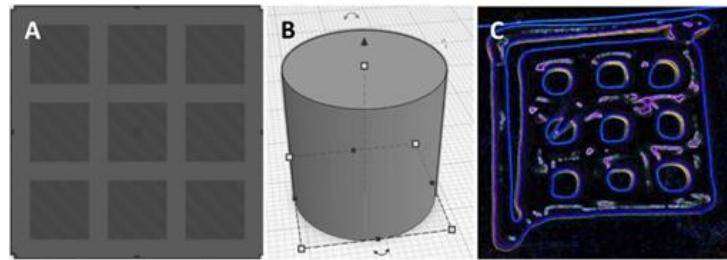
Şekil 3.7. Tekstür (Sürülebilirlik) analiz çıktılarının grafik üzerinde gösterimi

3.2.6.2. Viskozite Analizi

Üretimi gerçekleştirilen yazdırılabilir lor bazlı formülasyon örneklerinin reolojik özelliklerini belirlemek amacıyla Haake Mars III (Thermo Scientific, Almanya) cihazı kullanılmıştır. Ölçümler için koni plakalı (Cone C35/2° Ti L = 35 mm çap, 0.104 mm gap, 2° açı) geometri kullanılmıştır. Buzdolabından çıkarılan örnek analiz öncesinde, oda sıcaklığında 1 dakika süresince 200 rpm hızda manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Tüm testler için iki plaka arasına yaklaşık 0.4 mL örnek yüklenmiş ve termostatik sistem aracılığıyla hassas bir şekilde 28°C’de analiz edilmiştir. Yatışkın faz kesme reolojik özelliklerinin tespiti için plaka arasına yerleştirilen örnek 0.1-100 s⁻¹ aralığında kesme uygulanmış ve her bir kesme değerinde 10 saniye süreyle beklendikten sonra bir veri kaydedilerek 250 saniye kesme süresince toplam 25 adet veri noktası elde edilmiştir. Böylece örneklerin her bir kesme hızı değerine karşılık gelen görünür viskozite (η_{50}) ve kesme stresi değerleri kesme hızının bir fonksiyonu olarak tespit edilmiştir (Mortaş, 2016).

3.2.6.3. Görüntü İşleme (ImageJ)

Yazdırılabilirliğin tespitinde ImageJ yazılım programı kullanılmıştır. ImageJ yazılımı farklı disiplinlerde de sıkça kullanılan Java tabanlı görüntü işleme programlarından bir tanesidir. Programın üst menüsünde bulunan ‘Image > Type > 8 Bit’ seçildikten sonra ‘Process > Find Edges’ fonksiyonu kullanılarak yazdırılmayan alanların/boşlukların yazdırılan alana oranıyla yazdırılabilirlik tespiti yapılmıştır (Kılıç ve Temiz, 2022).



Şekil 3.8. A = 50 mm² ızgara (grid) yapısının CAD çizimi,

B = 20 mm silindirin CAD çizimi, C = ImageJ analiz yazılımının 'Find Edges' fonksiyonu

örneği. Bu işlev, kullanıcının bu işlev olmadan orijinal görüntüyü kullanan ölçümlere kıyasla daha yüksek doğrulukla kenarların çevresini ölçmesini sağlar (Ross vd., 2021)

1681 mm²'lik (41 x 41 mm) ızgara yapıları yazılımda 'Analyse > Measure' fonksiyonu kullanılarak ürün baskısının alanını belirlemek için ölçümleri yapılmıştır. Yazılımda alanı doğru bir şekilde ölçmek için, yazdırılan ızgaranın genişliği analizden önce ölçülmüş ve 'Analyse > Set Scale' fonksiyonu kullanılarak mesafe değeri 'bilinen mesafe' olarak girilmiştir. 'Polygon' seçme aracı kullanılarak, grid yapısının çevresine çizgiler çizilerek alan 'Analyse > Measure' fonksiyonu kullanılarak hesaplanmıştır. Her bir 'yazdırılmamış' alanlar (Şekil 3.8. A'da koyu gri ile gösterilen dokuz boşluk) aynı fonksiyon kullanılarak 1'den 9'a kadar numaralandırılmış, ölçümleri yapılmış ve dokuz 'boşluk (gap)' alanının toplamı hesaplanmıştır. Son olarak da yazdırılabilirliği tespit etmek için dokuz boşluğun toplam alanı, kare yapının dış alanına bölünmesiyle hesaplanmıştır (Kılıç ve Temiz, 2022). Dış alanın az, boşluklar toplamının fazla olması yazdırılabilirliğin iyi olduğunu göstermektedir.

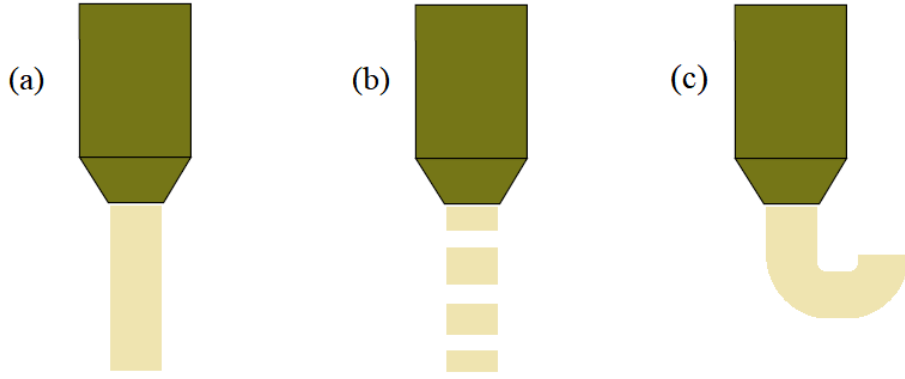
$$\text{Yazdırılabilirlik} = (9 \text{ Boşluk Toplamı} / \text{Dış Alan}) \times 100$$

3.2.6.4. Baskı Puanı (Printing Score)

Baskı örneklerinin yazdırma sırasında ve sonrasında baskı puanlarının derecelendirilmesinde Liu ve Ciftci (2021)'de belirtilen yöntemin modifiye edilmesiyle oluşturulan Tablo 3.4'e göre yapılmıştır. Tablo 3.4'te istenen ve istenmeyen özellikler belirtilmiştir. İstenmeyen özelliklere göre puanda azalmalar olmaktadır. Nozülден akış (ekstrüzyon), katman (layer) ve basılan model özellikleri bakımından üç ana başlıkta değerlendirilmiştir.

Tablo 3.4. Baskı Puanı (Printing Score) Özellikleri

1- Nozülден Akış (Ekstrüzyon) Özellikleri		
İstenen/aranan özellikler:		
Rahatça kopmadan düz bir doğrultuda akıyor.		
Kesikli akmıyor.		
Kıvrılmadan elastiki/plastiki akıyor.		
Rahatça düz bir doğrultuda akıyor.		
a) Kesikli akıp akmama durumu		
Fazla akışkan	-15 puan	
Kesikli ve koparak akıyor.	-10 puan	
Kesikli ama düzgün akıyor.	-5 puan	
b) Lineer akıp akmama durumu		
Düz bir doğrultuda akmayıp sallanarak akıyor.	-10 puan	
Zorlanarak akıyor.	-5 puan	
2- Katman (Layer) Özellikleri		
İstenen/aranan özellikler:		
Katmanlar muntazam birikiyor.		
Katmanlar mükemmel yükseliyor.		
Katmanlar belirgin.		
Katmanlar aynı hizada yükseliyor.		
a) Katmanların üst üste birikip birikmeme durumu		
Katmanlar üst üste birikmiyor.	-15 puan	
Üst üste birikiyor fakat kısa süre sonra içiçe geçiyor.	-10 puan	
Katmanlar belli belirsiz veya aşırı belirgin.	-5 puan	
b) Katmanların taşma/şişkinlik/hızalanma durumu		
7'den fazla karede taşkınlıklar görülüyor.	-15 puan	
3-7 karede taşkınlıklar görülüyor.	-10 puan	
2'den az karede taşkınlıklar görülüyor.	-5 puan	
3- Basılan Model Özellikleri		
İstenen/aranan özellikler:		
Baskı tasarlanan modele en yakın (Fark % 10'dan az)		
Baskı her yerde homojen		
Görüntü parlak, canlı		
a) Rijitlik durumu		
Tamamen çökmüş yapı	-15 puan	
Hafif salmış ve çökmüş yapı	-10 puan	
Her yerde olmasa da bazı bölgelerde salan ve çöken yapı	-5 puan	
b) Pütürlü, tırtıklı ve homojen olmayan yapı		
7'den fazla karede pütürlü, tırtıklı ve homojen olmayan yapı	-15 puan	
3-7 karede pütürlü, tırtıklı ve homojen olmayan yapı	-10 puan	
2'den az karede pütürlü, tırtıklı ve homojen olmayan yapı	-5 puan	
c) Mat görünüş ve çatlaklık oluşum durumu		
Fazla mat görünüş ve çatlaklar mevcut	-10 puan	
Hafif mat görünüş ve az çatlaklar mevcut	-5 puan	



Şekil 3.9. Nozülde akış (ekstrüzyon) durumu

(a) Rahatça kopmadan düz bir doğrultuda akıyor. (b) Kesikli ve koparak akıyor.

(c) Düz bir doğrultuda akmayıp sallanarak (kıvrımlı) akıyor.

Ekstrüzyon yani nozülde akış durumu 3B baskı kalitesini doğrudan etkileyen en önemli parametrelerden bir tanesidir. Eğer nozülde akış; kesikli, damlayarak ve koparak bir davranış sergiliyorsa formülasyonun viskozitesinin düşük olduğu anlamına gelmektedir. Kıvrımlı yani düz bir eksenle akış gerçekleşmiyor ise formülasyonun viskozitesinin yüksek olduğu bu yüzden de tutunarak aktığı anlamına gelmektedir (Şekil 3.9). Dolayısıyla adhezyon/kohezyon kuvvetlerinin gıdaların ekstrüzyon tabanlı 3B baskısında önemli bir yer tuttuğu söylenebilir.

3.2.7. Optimizasyon ve Validasyon

Tezin ön çalışmasında yazdırılabilirliğin/basılabilirliğin optimum şartlarının belirlenmesi için uygulanan baskı öncesi analizler tekstür (sürülebilirlik) ve viskozite analizi, baskı sonrası analizler ise görüntü işleme (ImageJ) ve baskı puanıdır (printing score). Görüntü işleme değerleri ve baskı puanından alınan sonuçlara göre tekstür (sürülebilirlik) ve viskozite değerlerinin alt ve üst limitleri belirlenerek Yanıt Yüzey Yöntemine göre optimizasyon gerçekleştirilmiştir. İstenirlik (desirability) değeri en yüksek olan formülasyon seçilmiş ve üretim tekrar gerçekleştirilerek yöntem optimize ve valide edilmiştir. Optimizasyonun güven aralığının tespitinde relative errors (bağıl hata) formülünden yararlanılmıştır.

$$\% \text{ Relative Errors} = (|T - \ddot{O}| / T) \times 100$$

T: Tahmin veya optimize edilen veriler

Ö: Ölçülen deneysel veriler

3.2.8. Partikül Büyüklüğü Analizi

Mastersizer 3000 (Malvern/İngiltere) cihazın bulunduğu Karadeniz İleri Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi/Samsun'dan hizmet alımı yapılarak partikül büyüklükleri incelenmiştir. ISO-13320 metoduna göre partikül (tane) boyutu analizi minimum çaba ve zamanda bütün parçacıklı malzemeler için hassas boyut ölçümü sağlayabilmektedir. Milimetre seviyelerinden nanometre boyut aralığına kadar parçacık büyüklüklerini geniş aralıkta oldukça güvenilir, doğru ve hassas ölçümler yapabilmektedir. Baskılarımızdaki partiküllerin reolojiye ve tekstüre etkisi bulunmakta ayrıca mikropartiküller kartuşun ucunda bulunan nozülü tıkayabilmektedir. Örnekler 60 mL saf su ile iyice seyreltilmiş ve 200 µL numune alınarak cihaza yerleştirilmiş ve ortalama yüzde parçacık boyutu, kümülatif boyut yüzdesi ve baskıların parçacık boyutu dağılımı tespit edilmiştir (Feng vd., 2021).

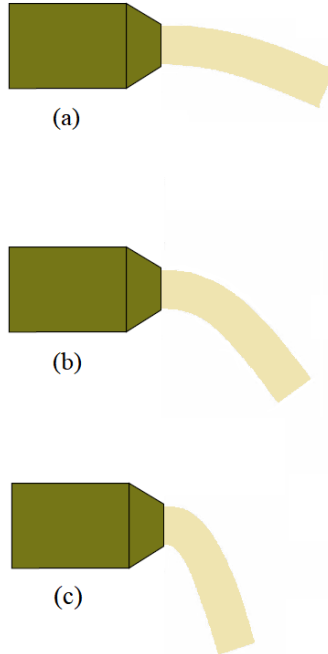
3.2.9. Dinamik Viskoelastik Yapı

Üretimi gerçekleştirilen örneklerin dinamik viskoelastik yapı özelliklerini belirlemek amacıyla Haake Mars III (Thermo Scientific, Almanya) cihazında ölçümler yapılmıştır. Ölçümler için koni plakalı (Cone C35/2° Ti L = 35 mm çap, 0.104 mm gap, 2° açı) başlık kullanılmıştır. Buzdolabından çıkarılacak örneği analiz öncesinde, oda sıcaklığında 1 dakika süresince 200 rpm hızda manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Tüm testler için iki plaka arasına yaklaşık 0.4 mL örnek yüklenmiş ve termostatik sistem aracılığıyla hassas bir şekilde 28°C'de analiz edilmiştir. Örneklerin stres taraması 0.1-10 Pa aralığında test edilmiştir ve işlem süresince frekans 1 Hz (6.283 rad/s) olarak sabit tutulmuştur. Örneklerle ait sabit ve zamana bağlı viskoelastik 13 adet veri elde edilmiştir. Formülasyonun viskoelastik özelliklerin belirlenmesinde 0.1 ile 10 Hz arasında 1 Pa basınç altında zamana karşılık gelen tarama testi uygulanmıştır. Bu verilerden G' (elastikiyet modülü), G'' (viskoz modülü) ve η^* (kompleks viskozite) ve $\tan \delta$ (tanjan delta) değerleri belirlenmiştir (Mortaş, 2016).

Viskoelastik akışkanlar, deformasyonun etkisinde hem viskoz hem de elastik özellik gösteren akışkanlardır. Elastik özellik gösterenlerde uygulanan kuvvet kaldırıldığında deforme kısım eski haline gelmektedir. Bu davranışın oluşabilmesi için kuvvetle birlikte yüklenen enerjiyi depolayabilmeleri ve kuvvet kalkınca enerjiyi geri boşaltabilmeleri gerekir. Viskoz özellik gösterenlerde ise uygulanan kuvvetle birlikte deforme olan kısım, kuvvetin kaldırılmasıyla eski haline dönmemektedir.

Kuvvet uygulama sırasında verilen enerji depolanmaz ve gerilim kaldırıldığından eski haline gelmesi mümkün değildir. Viskoelastik maddelerin reolojik özelliklerinin belirtilmesinde viskoz ve elastik özelliklerini temsil eden iki modül kullanılmaktadır. Maddenin depoladığı enerjiyi temsil eden ve elastikiyetin bir ölçüsü olan depolama modülü G' olarak ifade edilir. Maddedeki deformasyonlar ve ısıнын dağılması nedeniyle enerjinin olmadığı viskoz kısmı temsil eden kısım ise kayıp modülü G'' olarak ifade edilmektedir (Brighenti vd., 2020, Kaşgöz, 2012, Saleh vd., 2020).

3B gıda baskılarının yazdırılmadan önceki yatay ekstrüzyon özellikleri Şekil 3.10'da gösterilmiştir. Eğer gıda malzemesinin G' ve G'' değerleri yüksek ise nozülünden akış (a)'da gösterildiği gibi zorlanarak katı bir şekilde yüksek enerji ile gerçekleşecektir. Eğer gıda malzemesinin G' ve G'' değerleri düşük ise nozülünden akış (c)'de gösterildiği gibi yarı-sıvı, zayıf ve yumuşak bir şekilde gerçekleşecektir. İstenilen baskılar elde etmek için G' ve G'' arasındaki bu dengenin, baskı kalitesinin artırılması için tespit edilip anlaşılması gerekmektedir.



Şekil 3.10. Yatay ekstrüzyon özellikleri

(a) Yüksek G' ve G'' değeri (b) İstenilen viskoelastik yapı (c) Düşük G' ve G'' değeri

3.2.10. Mikro Yapı (Taramalı Elektron Mikroskopisi)

Elektron mikroskobu görüntü oluşturmak için ışıktan ziyade elektronları bu amaçla kullanan mikroskoplardan biridir. Görüntü oluşurken; gelen elektronların bir kısmı örnek yüzeyindeki elektronların enerjilerini çoğaltmasıyla koparak örnekten uzaklaşmaktadırlar. Diğer kısmının ise enerji transferine uğramadan geri yansımından dolayı oluşan bütün ışınlar dedektörde birikmektedir. Bunun sonucunda da incelenen materyal dedektörde değerlendirilerek görüntü kontrastı ve topografik yapısı oluşmaktadır (McMullan, 1995). 3B yazıcıdan belli modellerde ekstrüde edilen örnekler çeşitli reolojik davranış ve tekstürel özelliklerine göre farklı mikro yapı davranışı sergilemektedirler (Godoi vd., 2016). Taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntülemesi için JEOL JSM-6400 model cihazın bulunduğu Karadeniz İleri Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi/Samsun'dan hizmet alımı yapılarak mikro yapıları incelenmiştir. Numunenin büyüklüğü, numune tutucusu ile uygun boyutta ayarlanarak, çift taraflı bant yardımı ile iyice yerleştirilmiş ve böylece elektron ışınına maruz kaldığında sabit kalması sağlanmıştır. İletken olmayan materyaller elektron ışını tarafından sürekli taranırken yük birikmesine (şarj) doğru eğilimlidirler. Bu durum görüntü netliğini etkilediğinden bu tür numuneler elektriksel olarak iletken bir malzeme ile kaplanmaktadırlar. Örnekler 10 nm kalınlığında Altın-Paladyum kaplama yapılmış ve JSM-6400 elektron mikroskobu (Jeol Ltd., Tokyo, Japan) kullanılarak analizleri yapılmıştır. Yüksek vakum altında, 3 kV voltajda farklı boyutlarda, farklı görüntüler elde edilmiştir.

3.2.11. Nar ve Portakal Kabuğu Ekstraktı Üretimi

Ekstrakt üretiminde kullanılacak olan nar ve portakal meyveleri yerel marketlerden alınıp laboratuvara getirilmiştir. Zirai ilaç kalıntıları ve yabancı bulaşanlar temizlendikten sonra kabuk kısımları soyulmuştur. Kabuklar 1x1 cm olacak şekilde küçük parçalara ayrılarak kullanılabilecek kadar -18°C'de muhafaza edilmiştir. Portakal kabukları 2 gün, nar kabukları ise 3 gün 40°C'de fanlı etüvde kurutulup blender ile partikül büyüklüğü 0.2 mm'nin altına düşürüldükten sonra kabuk tozları elde edilmiştir. Ekstraksiyonda ultrasonik su banyosu (Isolab Laborgerate GmbH, Almanya) kullanılmıştır. Kurutulmuş portakal ve nar kabuk tozları etanol:su karışımında (1:1, v/v), kabuk:solvent oranı 1:4 (w/v) oranında ultrasonik su banyosunda 4°C'de 30 dakika ekstraksiyon işlemine tabi tutulmuştur. Elde edilen ekstraktlar 4°C'de 10000xg devirde 15 dakika santrifüjlenmiş (Hettich

Zentrifugen Universal 320 R, Almanya) ve süpernatant ayrılmıştır. Elde edilen süpernatantlar rotary evaporatör (Buchi Rota Vapor K-3, Buchi, İsviçre) kullanılarak (Şekil 3.11) 40 rpm dönüş, 40°C su banyosunda ve 35 mbar vakum basıncı altında ekstrakt, suda çözünür kuru maddesi 70 Brix'e gelene kadar çözücü uçurulmuştur (Ersöz, 2019). Evapore edilen ekstratların özkütlesi d_{nar} : 1.43 g/ml ve $d_{portakal}$: 1.48 g/ml'dir. Elde edilen ekstraktlar 4°C'de muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.11. Kabuk ekstraktı üretilirken uygulanan işlemler

3.2.11.1. Nar ve Portakal Ekstraktında Uygulanan Analizler

Suda Çözünür Kuru Madde Analizi

Ekstraktların 70 Brix'de olmasının kontrolü 20°C'de dijital refraktometre (ATAGO, Japan) kullanılarak ölçülmüştür (Ersöz, 2019).

Antioksidan Aktivitesi

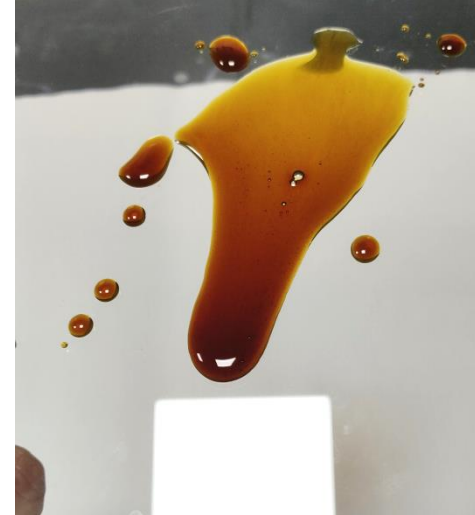
Yöntem 3.2.15.9'e göre yapılmıştır.

Toplam Fenolik Madde Analizi

Yöntem 3.2.15.10'e göre yapılmıştır.



Şekil 3.12. Nar kabuğu ekstraktı üretimi



Şekil 3.13. Portakal kabuğu ekstraktı üretimi

3.2.12. Zenginleştirilmiş Fonksiyonel Lor Bazlı Formülasyon Üretimi

Yanıt Yüzey Yöntemine göre optimize edilen değişken değerleri tespit edildikten sonra Yöntem 3.2.4'e göre tekrar üretilmiştir. Bu sefer öncekinden farklı olarak elde edilen ekstraktlar fonksiyonelliği artırmak için formülasyona ilave edilmiştir. Meyve kabuğu ekstraktları üretim yönteminde bahsedilen mikrodalga pişirme işleminden sonra sıcaklık 50°C'ye düştükten sonra ilave edilip silikon spatül ile homojen bir şekilde karışması sağlanmıştır. Optimize ettiğimiz basılabilir formülasyonun içerisine daha önceden elde ettiğimiz nar kabuğu ekstraktı % 1.1, % 2.2 ve % 3.2 oranında, portakal kabuğu ekstraktı % 1.1, % 2.2 ve % 3.2 oranında ve ağırlıkça 1:1 oranında karıştırılmış nar ve portakal kabuğu ekstraktı da % 1.1, % 2.2 ve % 3.2 oranında ilave edilip toplamda 10 adet (1 ekstraksız + 9 ekstraktlı) örnek üretimi gerçekleştirilmiştir.

3.2.13. Zenginleştirilmiş Fonksiyonel Lor Bazlı Formülasyonda ve Izgara Baskısında Yapılan Analizler

3.2.13.1. Reolojik Özelliklerin Belirlenmesi

3.2.13.1.1. Viskozite

Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyonda viskozite analizi Yöntem 3.2.6.2'ye göre yapılmıştır.

3.2.13.1.2. Dinamik Viskoelastik Yapı

Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyonda dinamik viskoelastik yapı Yöntem 3.2.9'a göre yapılmıştır.

3.2.13.2. Tekstür (Sürülebilirlik) Analizi

Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyonda sürülebilirlik analizi Yöntem 3.2.6.1'e göre yapılmıştır.

3.2.13.3. Görüntü İşleme (ImageJ)

Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyonun ızgara baskısında görüntü işleme Yöntem 3.2.6.3'e göre yapılmıştır.

3.2.13.3. Baskı Puanı (Printing Score)

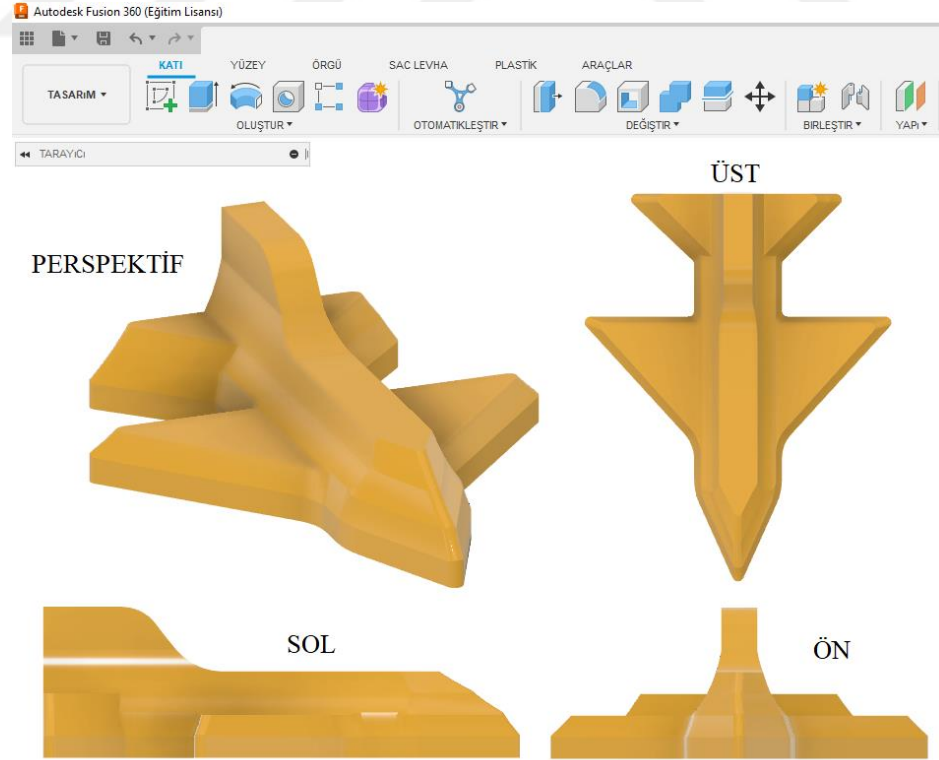
Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyonun baskı puanları Yöntem 3.2.6.4'e göre yapılmıştır.

3.2.14. Üç Boyutlu Gıda Yazıcısında Uçak Modeli Baskısı

“Aç ağzını uçak geliyor!” Her kesimden insan hayatlarında en az bir defa da olsa bu ikna cümlesini duymuşlardır. Tarih boyunca ebeveynler yemek yeme zorluğu çeken çocuklarına yemeyi daha ilgi çekici hale getirmek için çözüm arayışında olmuşlardır. Günümüzde teknolojinin ilerlemesi ile birlikte bu olgular yavaş yavaş değişmeye ve gelişmeye açık hale gelmiştir. Çalışmamızda da bu düşünce ile son ürün olarak, optimize edilen karışımlarda fizikokimyasal ve duyu analizlerin tekrar ızgara baskısına uygulamak yerine uçak modeli baskısına uygulamanın daha uygun ve tüketici açısından daha kabul edilebilir olacağı kanısına varılmıştır ve analizler bu yönde gerçekleştirilmiştir.

3.2.14.1. Üç Boyutlu Uçak Modeli

Zenginleştirilmiş ve fonksiyonel 10 adet formülasyon karışımı duyu yönden de tercih edilebilir ve tüketilebilir bir ürün olması amacıyla uçak modeli tercih edilmiştir. Baskı işlemini gerçekleştirmek için öncelikle Şekil 3.14’te gösterilen uçak modeli Autodesk Fusion 360 (Education Licence) üç boyutlu modelleme programında tasarlanmıştır.



Şekil 3.14. Autodesk Fusion 360 programında tasarlanan uçak modeli

3.2.14.2. Üç Boyutlu Uçak Modelinin Dilimlenmesi (G-Kodu) ve Baskı İşlemi

Uçak modelinin dilimlenmesi ve baskı işlemi Yöntem 3.2.5.3'e göre yapılmıştır.

3.2.15. Üç Boyutlu Uçak Şeklinde Basılmış Üründe Yapılan Analizler

3.2.15.1. Kuru Madde Tayini

Kum ile karıştırılmış 10 adet 3B uçak baskısı örneklerindeki suyun belirli sıcaklıkta buharlaştırılması ve kalan kuru maddenin tartılarak tespit edilmesi esasına dayanarak ölçülmüştür (Metin, 2017).

3.2.15.2. Protein Tayini

10 adet 3B uçak baskısı örneği yüksek sıcaklıkta ve katalizör etkisiyle, H_2SO_4 ile parçalanarak proteinden azot ayrılıp serbest hale geçer ve amonyum tuzu formunda tutulur. Destilasyon aşamasında NaOH ile amonyak açığa çıkar ve borik asit çözeltisi içerisinde amonyum-tetra-borat olarak tutulur. Daha sonra ayarlı bir asit ile titre edilip toplam azot miktarı hesaplanmıştır (Metin, 2017).

3.2.15.3. Yağ Tayini

10 adet 3B uçak baskısının yağ miktarı AOAC 920.39 metoduna göre belirlenmiştir. Yağ miktarının belirlenmesinde soxhlet ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır. Kartuş içerisine 20 g örnek tartılmış 6-8 saat süreyle dietileter ile ekstraksiyon yapılmıştır. Süre sonunda cam balon etüvde $105^{\circ}C$ 'de kurutulup fazla dietileterin uçması sağlanmış ve cam balonda biriken yağ miktarı tartılarak % yağ miktarı hesaplanmıştır (AOAC, 2000).

3.2.15.4. Kül Tayini

Örnekler kurutulup alev etkisiyle kömürleştirildikten sonra sabit ağırlığa gelinceye kadar yakılır. Yakma işleminin sonunda kaydedilen ağırlık kül miktarı olarak hesaplanmıştır (Metin, 2017).

3.2.15.5. Toplam Karbonhidrat Tayini

Baskılarda bulunan muhtemel indirgen şeker (laktoz) miktarı ile, sonradan ilave edilen (bal) glikoz ve früktoz miktarını belirlemek amacıyla alkali tartaratlı

Cu^{++} çözeltisinin Cu^{+} 'e indirgenmesi yoluyla toplam şeker saptanmıştır (Metin, 2017).

3.2.15.6. pH Tayini

Her bir örnekten 10 g alınmış üzerine 75 mL ultra saf su eklenerek pH metre (Eutech, 2700 serie pH meter, USA) yardımıyla çoklu ölçümler uygulanmıştır (AOAC, 1990). Yapılan çoklu ölçümlerin ortalama değerleri değerlendirilmiştir.

3.2.15.7. Renk Tayini

Ekstraktların ve baskıların renk yoğunluğu Minolta Chroma Meter CR-400 (Osaka, Japan) renk tayin cihazı ile tespit edilmiştir. Renk okuması yapılmadan önce kalibrasyon için cihaza ait beyaz zeminli standart kalibrasyon skalası kullanılmıştır. Cihaz ile L^* , a^* ve b^* değerlerini belirlemek için okumalar yapılmıştır (İçyer, 2012).

3.2.15.8. Mikro Yapı (Taramalı Elektron Mikroskopisi)

Yöntem 3.2.10'a göre yapılmıştır.

3.2.15.9. Antioksidan Aktivitesi

3.2.15.9.1. DPPH (2,2-difenil-1-pikrihidrazil, Radikal Söndürücü Kapasite) Yöntemi

DPPH radikal çözeltisi 0.002543 g DPPH tartılıp % 80 metil alkolle kayıpsız bir şekilde 100 mL'ye tamamlanarak analizden hemen önce taze olarak hazırlanmıştır. Baskı örnekleri % 0.1 asidifiye su ile farklı oranlarda seyreltilmiştir. Seyreltilmiş örneklerden 0.05 mL alınmış ve üzerine 1 mL DPPH radikal çözeltisi ilave edilmiştir. Çözeltiler karanlıkta ve oda sıcaklığında 60 dakika süresince bekletilmiş ve daha sonra spektrofotometrede 517 nm'de absorbansları okunarak kaydedilmiştir. Her bir çözelti için iki paralelli çalışma yapılmıştır. Kontrol örneği ise 1 mL DPPH radikal çözeltisi ve 0.05 mL saf su karışımı ile hazırlanıp 60 dakika oda sıcaklığında karanlıkta bekletilip spektrofotometrede 517 nm'de absorbansı okunmuştur.

$$\% \text{ İnhibisyon} = [(A_K - A_Ö)/A_K] \times 100$$

A_K : Kontrolün absorbansı

$A_Ö$: Örneğin absorbansı

Sonuçlar mM Troloks/g (mL) olarak verilmiştir. Bunun için 0.1 mM Troloks standardı etanolle farklı oranlarda seyreltilmiş ve aynı şekilde DPPH radikal çözeltisiyle muamele edilip 517 nm’de absorbans değeri okunmuştur. Okunan absorbans değerlerine göre yukarıda ifade edilen denklem kullanılarak % inhibisyon değerleri hesaplanmıştır. Belirlenen inhibisyon değerleri mM Troloks Eşdeğerine karşı grafiğe aktarılıp lineer regresyon analizi ile standarda ilişkin eğriye ve bu eğriyi tanımlayan eşitliğe ulaşılmıştır. Örneklerde belirlenen % inhibisyon değerleri bu eşitlikte belirlenen denklemde yerine konularak, örneklerin mL’indeki mM Troloks Eşdeğeri belirlenmiştir (Ersöz, 2019).

3.2.15.9.2. ABTS⁺ (Radikal Katyon Yakalama Aktivitesi) Yöntemi

7 mM ABTS çözeltisi; 362.34 mg ABTS tartılıp 100 mL’ye saf su ile tamamlanarak hazırlanmıştır. 2.245 mM K₂S₂O₈ çözeltisi ise 66.22 mg K₂S₂O₈ (Potasyum persülfat) tartılıp 100 mL’ye saf su ile tamamlanarak hazırlanmıştır. ABTS⁺ katyonu çözeltisi: 5 mL ABTS ve 5 mL K₂S₂O₈ çözeltileri karıştırılıp, karışım 16 saat karanlıkta oda sıcaklığında bekletilerek hazırlanmıştır. Koyu mavi renkli ABTS⁺ katyonu çözeltisi, fosfat tamponu çözeltisi (pH 7.4) ile 734 nm’de absorbans 0.7 ± 0.02 olana kadar seyreltilmiştir. Fosfat tamponu ile seyreltilmiş ABTS⁺ radikal çözeltisinden 1.2 mL alınarak uygun oranda seyreltilmiş 0.1 mL örnek ile karıştırılıp 120 dakika karanlıkta bekletilerek 734 nm dalga boyunda spektrofotometrede absorbans ölçümleri yapılmıştır.

$$\% \text{ İnhibisyon} = [(A_A - A_0)/A_A] \times 100$$

A_A: ABTS⁺ katyonu çözeltisinin absorbans değeri

A₀: Örneğin absorbans değeri

Baskı örnekleri % 0.1 asidifiye su ile farklı oranlarda seyreltilmiştir. ABTS⁺ radikal katyonundaki azalma yüzde olarak hesaplanmış ve her örneğe ilişkin hesaplanan azalma değerleri örnek hacmine karşı grafiğe aktarılıp lineer regresyon analizi ile örneğe ilişkin eğriye ve bu eğriyi tanımlayan eşitliğe ulaşılmıştır. Sonuçlar mM Troloks/g (mL) olarak verilmiştir. Bunun için Troloks standardı fosfat tamponu ile farklı oranlarda seyreltilmiş ve aynı şekilde ABTS⁺ radikal çözeltisiyle muamele edilip 734 nm’de absorbans değeri okunmuştur. Okunan absorbans değerlerine göre yukarıda ifade edilen eşitlik kullanılarak % inhibisyon değeri hesaplanmıştır. Örneklerde belirlenen eğrilerin eğim değerlerinin standarda ait eşitlikte belirlenen

denklemdaki eğime bölünmesiyle örneklerin mL’indeki mM Troloks hesaplanmıştır (Özdemir vd., 2022; Temirbekova, 2020).

3.2.15.10. Toplam Fenolik Madde Analizi (Folin-Ciocalteu Metodu)

Baskılarda toplam fenolik madde miktarları (TFMM) Folin-Ciocalteu metodu ile belirlenmiştir. Baskı örnekleri % 0.1 asidifiye su ile farklı oranlarda seyreltilmiştir. Uygun konsantrasyonlarında 9 adet gallik asit standardı hazırlanmış ve spektrofotometrede 760 nm dalga boyunda absorbans değerleri okunarak kalibrasyon eğrisi çizilmiştir. Uygun şekilde seyreltilmiş örneklerden 0.15 mL alınıp üzerine 1/10 oranında seyreltilmiş 0.75 mL Folin-Ciocalteu ayracı eklenmiştir. 2 dakika sonra karışımlara 0.6 mL % 7.5’lik Na₂CO₃ ilave edilip karıştırılmıştır. Daha sonra örnekler oda sıcaklığında karanlıkta 120 dakika bekletilip absorbans değerleri 760 nm dalga boyunda spektrofotometrede okunmuştur. Kör çözelti için aynı işlemler 0.15 mL saf su ile tekrarlanmıştır. Sonuçlar mg GAE/g (mL) olarak ifade edilmiştir (Ersöz, 2019).

3.2.15.11. Amino Asit Profili

Amino asit kompozisyonunun belirlenmesi TÜBİTAK – MAM bünyesinde bulunan Beslenme Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Analizler lor, lor tozu ve 3B baskılara uygulanmıştır. Amino asit kompozisyonunun tayini yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) kullanılarak yapılmıştır. Yöntemin prensibi; numune içindeki proteinlerin amino asit bileşenlerine hidrolizi ve fenil izotiyosiyanat ile türevlendirilerek HPLC UV dedektörde oluşan pik alanının ölçümüdür. Sonuçlar mg/100g olarak belirtilmiştir (Dimova, 2003; Gheshlaghi vd., 2008).

3.2.15.12. Aroma Bileşimi

Uçucu aroma bileşiklerinin analizi Gaz Kromatografisi Kütle Spektrosu (GC-MS) ve Solid-Faz Mikroekstraksiyon (SPME) kullanılarak belirlenmiştir. Analiz için 20 mL’lik vial 1 g örnek ve 2 ml saf su konularak iyice karıştırılmıştır. Daha sonra SPME enjektörü (fiber) vial septumundan içeriye batırılmıştır. Vial 60°C’deki su banyosuna daldırılmıştır. SPME elyafı ile (2 cm – 50/30 mm DVD/Carboxen/PDMS) 60 dakika headspace işlemi gerçekleştirilmiştir. Ekstraksiyon işlemi bittikten sonra fiber splitsiz şekilde 5 dakika uçucuların termal desorpsiyonu için 280°C’ye ayarlanmış gaz kromatografisinin enjeksiyon bölümüne yerleştirilmiştir. 60 m × 0.32 mm × 0.25 µm film kalınlığında (Restek stabilewax, polyethylene Glycol, USA)

kolon kullanılmıştır. GC sıcaklık programı: 40°C’de 1 dakika bekleme, dakikada 7°C artış göstererek 100°C’ye ulaşma ve 5 dakika bu sıcaklıkta bekletme, dakikada 4°C artışlarla 130°C’ye ulaşma ve bu sıcaklıkta 1 dakika bekleme; dakikada 2°C artışlarla 180°C’ye ulaşarak aynı sıcaklıkta 1 dakika bekleme; dakikada 15°C artışlarla 250°C’ye ulaşma ve aynı sıcaklıkta 4 dakika bekleme şeklinde gerçekleştirilmiştir. Helyum, taşıyıcı gaz olarak sisteme verilmiş ve akış oranı 3 mL/dakika olarak ayarlanmıştır. Uçucu bileşiklerin tanımlanması MS kütüphanesinden yararlanılarak yapılmıştır. Uçucu bileşenlerin oranı tespit edilen toplam aroma içerisindeki % bileşen olarak ifade edilmiştir (Plessas vd., 2008).

3.2.15.13. Duyusal Analiz

Hazırlanmış olan formülasyonlar ve uçak baskıları Ondokuz Mayıs Üniversitesi Gıda Mühendisliği bölümü akademisyenlerinden ve lisansüstü öğrencilerinden oluşan yarı eğitilmiş 12 kişilik panelist ekibiyle Pizzillo vd., (2005)’e göre duyusal analize ayrı ayrı tabi tutulmuştur. Yöntem 3.2.12’a göre formülasyonlar hazırlanıp Yöntem 3.2.14’e göre 3B gıda yazıcısında baskılar alınarak ürün üretimi gerçekleştirilmiştir. Tablo 3.5 ve Tablo 3.6’da belirtilmiş olan duyusal değerlendirme formları ile organoleptik muayene hem baskı öncesi hem de baskı sonrası farklı zamanlarda uygulanmıştır.

Tablo 3.5. Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyona ait duysal değerlendirme formu

Duyusal Değerlendirme Formu		
Panelistin adı soyadı:		Tarih:
Ürün:	Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyon	Saat:
Açıklama:	Aşağıda verilmiş olan kalite kriterleri açısından size verilen kodlu örnekleri ayrı ayrı 9 puan üzerinden değerlendiriniz.	

	Örnek Kodları									
	820	128	539	281	426	604	772	373	978	524
Renk :										
Görünüş:										
Tat ve Aroma:										
Yapı ve Kıvam:										
Genel Kabul Edilebilirlik:										

Puan Karşılıkları								
Mükemmel	Çok iyi	İyi	İyinin altı ortanın üstü	Orta	Ortanın altı kötünün üstü	Kötü	Çok kötü	Aşırı kötü
9	8	7	6	5	4	3	2	1

Kalite kriterleri ile ilgili açıklamalar	
İstenilen Özellikler:	İstenmeyen Özellikler:
* Açık, sarımsı, turuncumsu, homojen renk * Hafif ekşimsi tat * Kendine has hoş kokuda * Kendine has tat ve tuzlulukta * Ağızda kolay eriyen/dağılan * Homojen yapı	* Parçalı dalgalı heterojen renk * Çok ekşi/acı/tuzlu tat * Buruk tat * Ekşimsi, ransit tat * Yabancı tat, koku * Ağızda sıvaşan * Kumlu yapı

Tablo 3.6. Uçak modeli baskısına ait duyusal değerlendirme formu

Duyusal Değerlendirme Formu		
Panelistin adı soyadı:		Tarih:
Ürün:	Uçak modeli baskısı	Saat:
Açıklama:	Aşağıda verilmiş olan kalite kriterleri açısından size verilen kodlu örnekleri ayrı ayrı 9 puan üzerinden değerlendiriniz.	

	Örnek Kodları									
	548	286	127	951	792	866	359	690	435	227
Renk :										
Görünüş:										
Tat ve Aroma:										
Yapı ve Kıvam:										
Genel Kabul Edilebilirlik:										

Puan Karşılıkları								
Mükemmel	Çok iyi	İyi	İyinin altı ortanın üstü	Orta	Ortanın altı kötünün üstü	Kötü	Çok kötü	Aşırı kötü
9	8	7	6	5	4	3	2	1

Kalite kriterleri ile ilgili açıklamalar	
İstenilen Özellikler:	İstenmeyen Özellikler:
* Düzgün uçak modeli * Rijit (Sağlam) yapı * Açık, sarımsı, turuncumsu, homojen renk * Hafif ekşimsi tat * Kendine has hoş kokuda * Kendine has tat ve tuzlulukta * Ağızda kolay eriyen/dağılan * Homojen yapı	* Tanımlanamayan uçak modeli * Parçalı dalgali heterojen renk * Çok ekşi/acı/tuzlu tat * Buruk tat * Ekşimsi, ransit tat * Yabancı tat, koku * Ağızda sıvaşan * Kumlu yapı

3.2.15.14. İstatistiksel Analizler

Optimum koşullarda elde edilecek 3B uçak baskısında ve bileşenlerde analizlerin ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır. Çoklu varyans analizi (MANOVA) SPSS paket programı (IBM SPSS 22.0) ve Microsoft Excel 2016 ile hesaplanmış ve çoklu karşılaştırma testleri % 95 güven aralığı baz alınarak Tukey ve Tamhane testleri ile yapılmıştır. Ayrıca üç boyutlu uçak modeli baskısında baskı öncesi ve baskı sonrası duyusal analiz puanları arasındaki ilişkiyi tespit etmek için Pearson korelasyon analiz testi yapılmıştır.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Optimum Şartların Belirlenmesi İçin Uygulanan Analiz Sonuçları

Üretimi gerçekleştirilen 29 adet zenginleştirilmiş formülasyona ilk aşamada Tekstür (sürülebilirlik) analizi ve viskozite analizi uygulanmıştır. İkinci aşamada ise sürülebilirliğin ve viskozitenin alt ve üst limitlerini belirleyebilmek için üretilen formülasyonların 3B ızgara baskısı alınmıştır. Optimizasyon şartlarının belirlenmesi için baskısı alınan 29 adet ızgara modelinde, alt ve üst limitlerin tespiti için görüntü işleme (ImageJ) değerleri ve baskı puanları (printing score) ölçülmüştür.

4.1.1. Tekstür (Sürülebilirlik) Analizi

Zenginleştirilmiş lor bazlı 29 adet formülasyonun 5 tekerrürlü olarak tekstür (sürülebilirlik) analiz sonuçları 4 farklı parametre olarak verilmiştir. Sıklık, Sürülebilirlik, Yapışkanlık ve Tutunabilirlik olarak ortalama sonuçlar Tablo 4.1’de gösterilmiştir. Tekstürel sonuçlar dikkate alındığında en yüksek değerler sırasıyla 2542.57 g, 2022.91 g.s, -2561.66 g ve -484.88 g.s ile 4 nolu örnekte gözlemlenirken en düşük değerler ise sırasıyla 351.96 g, 206.73 g.s, -502.71 g ve -60.2 g.s ile 17 nolu örnekte gözlemlenmiştir. Dolayısıyla ksantan gam ve mısır nişastası miktarı arttıkça ve krema ve bal miktarı azaldıkça tekstürel değerler yükselmekte ve yapı katı bir hal almaktadır. Ksantan gam ve mısır nişastası miktarı azaldıkça ve krema ve bal miktarı arttığında ise yapı sıvı bir hal almaktadır.

4.1.2. Viskozite Analizi

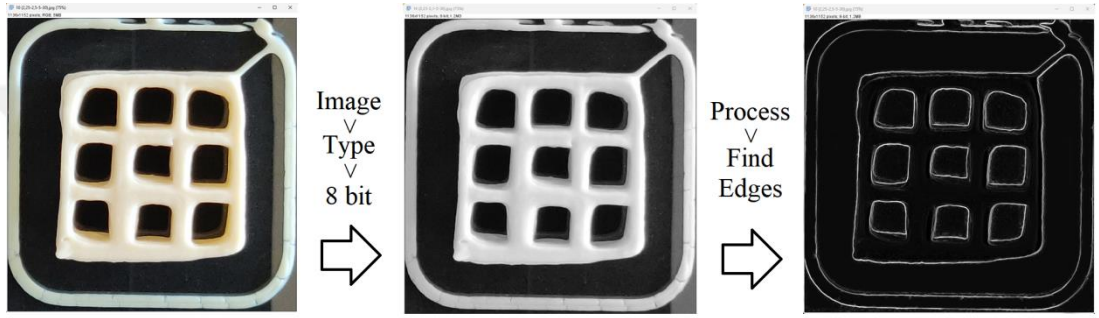
Zenginleştirilmiş lor bazlı 29 adet formülasyonun 5 tekerrürlü ortalama viskozite sonuçları Tablo 4.1’de gösterilmiştir. Görünür viskozite değerleri dikkate alındığında en yüksek değer 12.65 Pa.s ile 4 nolu örnekte, en düşük değerin ise 1.47 Pa.s ile 17 nolu örnekte olduğu gözlemlenmiştir. Böylelikle ksantan gam ve mısır nişastası miktarı arttıkça ve krema ve bal miktarı azaldıkça viskozite değerleri yükselmekte ve yapı sert ve kıvamlı bir hal almaktadır. Ksantan gam ve mısır nişastası miktarı azaldıkça ve krema ve bal miktarı arttığında ise yapı yumuşak ve akışkan bir hal almaktadır.

Tablo 4.1. Optimum şartların belirlenmesi için uygulanan analiz sonuçları

Deney no	Bağımsız Değişkenler				Yanıtlar				
	Ksantan Gam (g)	Mısır Nişastası (g)	Krema (g)	Bal (g)	Sıklık (g)	Sürülebilirlik (g.s)	Yapışkanlık (g)	Tutunabilirlik (g.s)	Viskozite (Pa.s)
1	0.75	2.5	5	10	1097.91	845.75	-1206.65	-258.82	5.21
2	2.25	2.5	5	10	1594.29	1204.13	-1688.22	-303.95	9.07
3	0.75	7.5	5	10	1328.58	1010.87	-1492.96	-317.77	7.23
4	2.25	7.5	5	10	2542.57	2022.91	-2561.66	-484.88	12.65
5	0.75	2.5	15	10	648.51	472.37	-771.92	-145.68	4.29
6	2.25	2.5	15	10	1597.02	1249.81	-1658.24	-341.56	8.19
7	0.75	7.5	15	10	1194.79	913.11	-1332.52	-292.95	6.79
8	2.25	7.5	15	10	1973.35	1518.6	-2031.35	-451.47	10.95
9	0.75	2.5	5	30	546.38	401.17	-665.9	-146.69	3.37
10	2.25	2.5	5	30	1070.75	826.85	-1165.43	-287.82	6.15
11	0.75	7.5	5	30	1015.44	696.79	-1264.41	-203.96	5.41
12	2.25	7.5	5	30	1622.07	1234.07	-1729.62	-392.11	9.37
13	0.75	2.5	15	30	484.48	362.77	-594.7	-100.73	2.75
14	2.25	2.5	15	30	1258.34	951.28	-1339.19	-314.5	6.64
15	0.75	7.5	15	30	775.08	553.56	-956.74	-213.13	5.82
16	2.25	7.5	15	30	1431.28	1049.68	-1529.55	-340.89	8.85
17	0	5	10	20	351.96	206.73	-502.71	-60.2	1.47
18	3	5	10	20	2299.35	1730.5	-2279.44	-474.63	11.76
19	1.5	0	10	20	1148.67	869.22	-1264.15	-277.86	6.75
20	1.5	10	10	20	1638.41	1189.39	-1842.01	-386.75	10.03
21	1.5	5	0	20	1333.46	1000.12	-1510.19	-316.23	7.73
22	1.5	5	20	20	1086.7	816.08	-1211.16	-278.59	6.27
23	1.5	5	10	0	2027.01	1575.04	-2105.39	-396.71	9.56
24	1.5	5	10	40	998.91	746.93	-1142.01	-260.9	6.95
25	1.5	5	10	20	1323.9	1019.78	-1475.48	-333.74	6.87
26	1.5	5	10	20	1181.81	901.79	-1322.18	-302.73	7.01
27	1.5	5	10	20	1147.56	866.94	-1283.56	-299.06	8.14
28	1.5	5	10	20	1183.58	899.2	-1318.57	-275.43	6.65
29	1.5	5	10	20	1099.98	858.08	-1223.27	-301.44	6.73

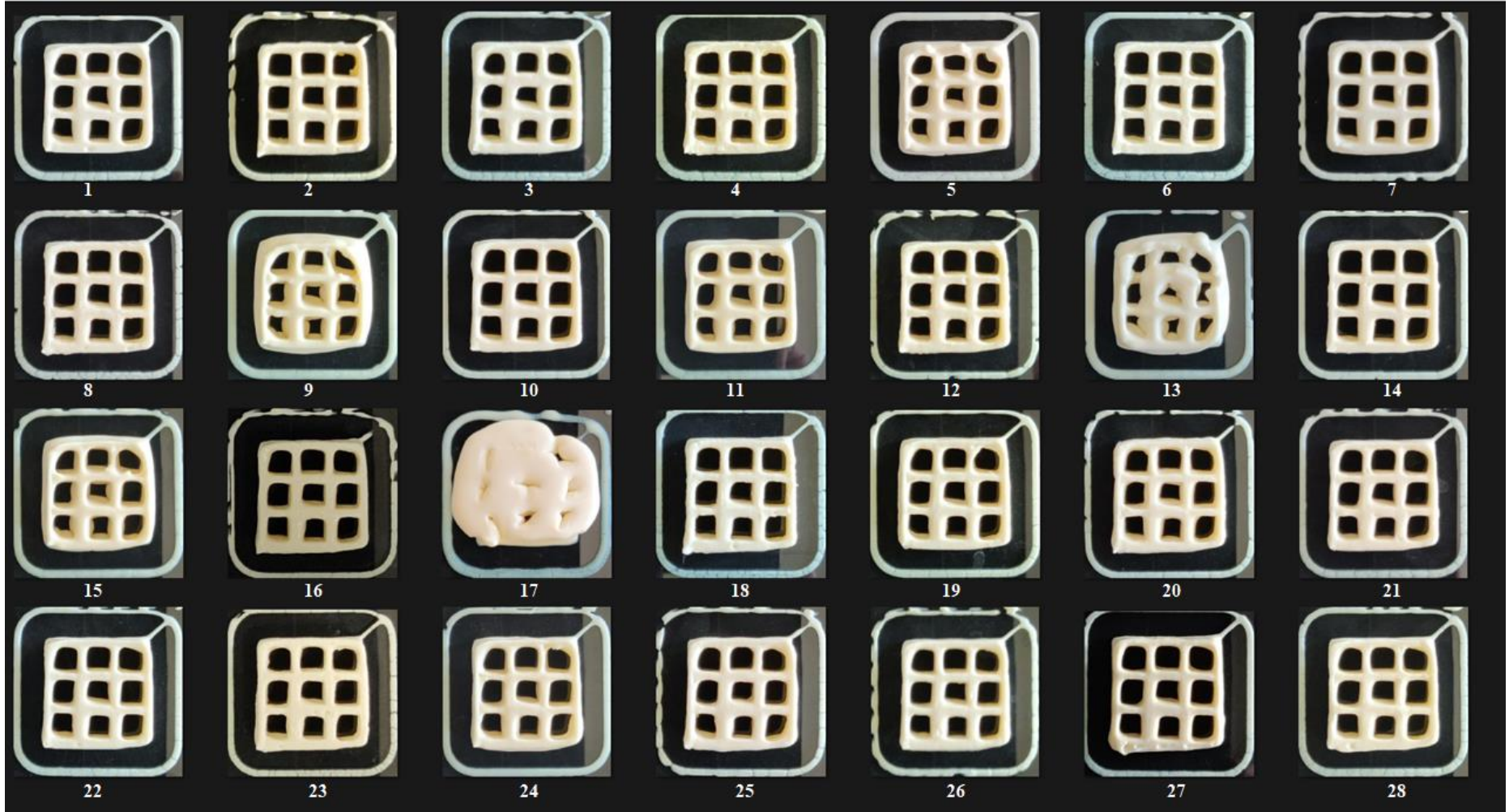
4.1.3. Görüntü İşleme (ImageJ)

Zenginleştirilmiş lor bazlı 29 adet formülasyonun 3B gıda yazıcısında 5 kere ızgara baskısı alınmıştır. En iyi baskısı alınan tekerrür dikkate alınmış diğer tekerrürler dikkate alınmamıştır. Bütün baskıların, aynı uzaklıktan ve çeşitli açılardan fotoğrafları çekilmiştir. Üstten çekilen görüntüler Yöntem 3.2.6.3'te belirtildiği gibi uygulanarak görüntü işleme sonuçları tespit edilmiştir. Fotoğrafları çekilen baskıların ölçümlerinin hassas bir şekilde yapılması için ImageJ programında öncelikle kenarlarının belirginleşmesi için Find Edges fonksiyonu uygulanmıştır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. ImageJ yazılımında ‘Find Edges’ fonksiyonu (10 nolu deney örneği)

Daha sonra 29 adet deney örneğinin (Şekil 4.2) her boşluğunun ve dışının alanları ölçülmüştür. Görüntü işleme sonuçları 3B gıda yazıcısında bir gıdanın yazdırılabilir olup olmadığını belirlemek için kullanılmaktadır (Kılıç ve Temiz 2022; Ross vd., 2021). Örneklerin en yüksek görüntü işleme değerleri (boşlukların alanları, dış alanlar vs.) Tablo 4.2’de gösterilmiştir. Görüntü işleme değerleri dikkate alındığında en yüksek değerin 32.12 ile 10 nolu örnekte (Şekil 4.1), en düşük değerin ise 0.65 ile 17 nolu örnekte olduğu gözlemlenmiştir. Tekerrürler arasında en yüksek değeri alanların çeşitli açılardan görüntüleri ve video kayıtları Tablo 4.3’te gösterilmiştir.

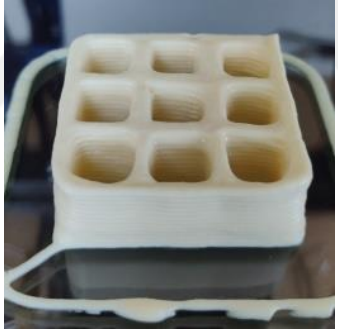
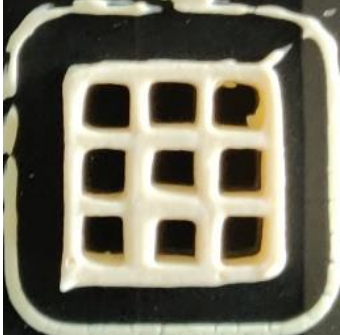
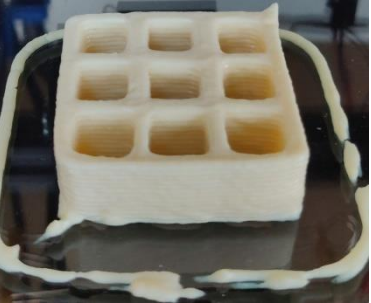
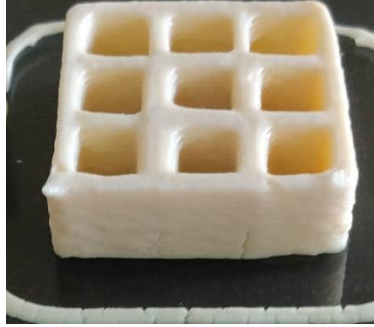
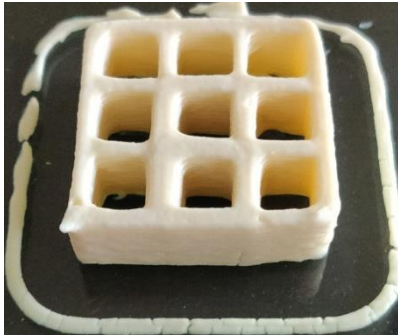
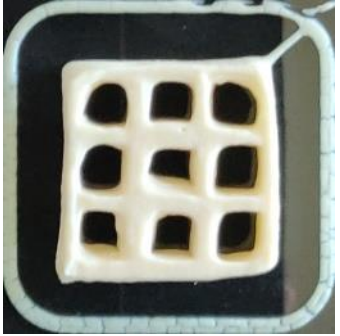
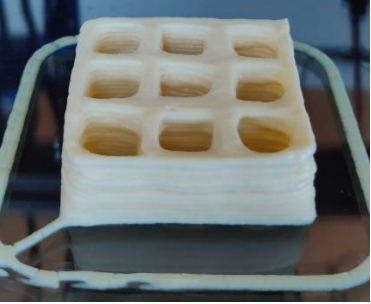
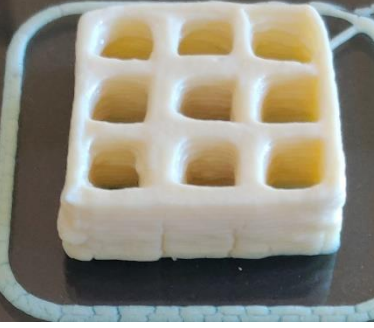


Şekil 4.2. 29 adet zenginleştirilmiş lor bazlı formülasyonun ızgara baskısının üstten görünüşleri

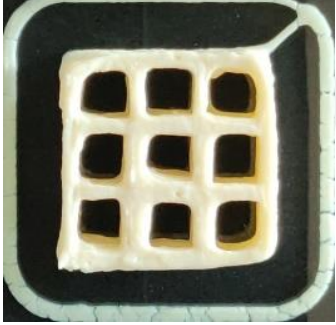
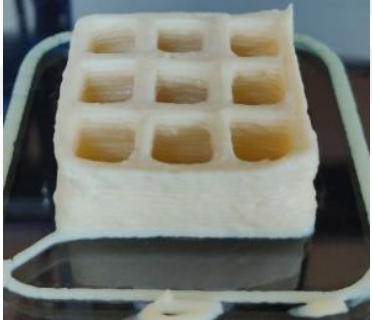
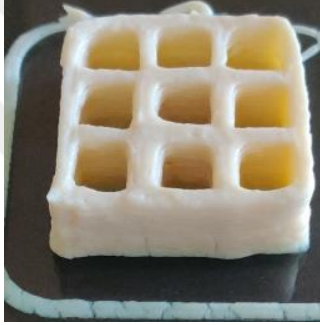
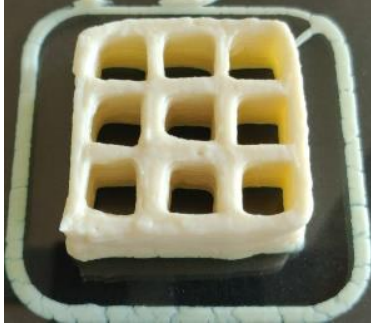
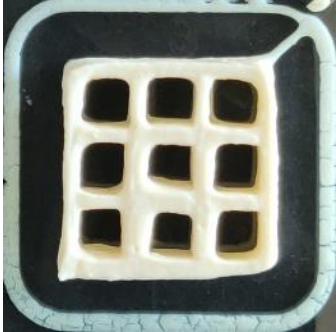
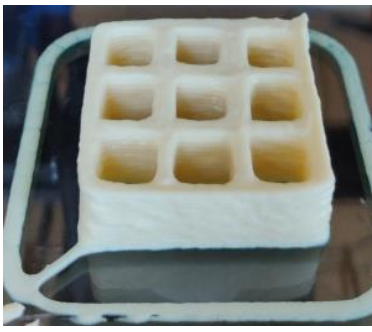
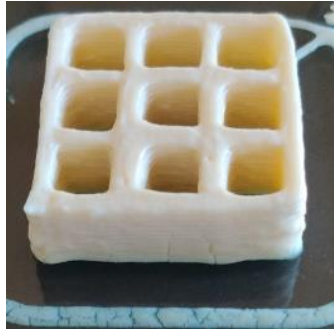
Tablo 4.2. 29 adet zenginleştirilmiş lor bazlı formülasyonun görüntü işleme sonuçları

Deney no	Dış Alan (mm ²)	1. Boşluk (mm ²)	2. Boşluk (mm ²)	3. Boşluk (mm ²)	4. Boşluk (mm ²)	5. Boşluk (mm ²)	6. Boşluk (mm ²)	7. Boşluk (mm ²)	8. Boşluk (mm ²)	9. Boşluk (mm ²)	9 Boşluk Toplamı (mm ²)	9 Boşluk Toplamı/ Dış Alan
10	1824.25	73.62	72.91	72.16	70.32	56.66	72.26	53.01	53.08	61.90	585.91	32.12
14	1871.54	69.10	72.25	77.36	72.01	53.77	68.31	56.93	53.57	63.17	586.46	31.34
6	1960.36	79.72	74.37	75.50	76.17	56.92	72.40	55.52	55.23	67.51	613.33	31.29
12	1846.41	70.97	70.53	71.22	70.35	54.67	69.65	52.02	51.32	60.94	571.66	30.96
8	1891.64	74.02	71.00	73.66	73.26	54.13	71.89	50.09	53.88	62.09	584.02	30.87
23	1882.29	72.23	72.06	70.65	68.44	53.35	72.10	51.70	55.11	62.85	578.50	30.73
28	1904.26	70.26	71.93	68.04	74.59	58.88	72.49	54.65	50.12	61.09	582.06	30.57
29	1924.98	70.28	72.42	72.60	73.80	55.82	73.96	54.15	51.85	62.01	586.89	30.49
27	1873.04	71.81	70.74	67.49	69.47	50.56	71.27	55.51	50.46	62.28	569.58	30.41
18	1911.91	74.00	75.22	75.33	70.40	49.33	68.67	52.21	51.84	60.28	577.27	30.19
25	1821.24	70.72	67.19	66.13	64.75	51.07	73.09	47.45	51.24	56.73	548.36	30.11
21	1878.93	66.69	67.66	69.63	69.97	49.78	74.24	49.47	50.44	63.77	561.64	29.89
1	1872.75	68.23	69.06	72.44	65.31	48.87	71.04	50.72	53.48	62.84	561.99	30.01
16	1866.44	70.26	71.34	67.82	67.11	52.18	67.67	52.79	50.75	59.77	559.67	29.99
4	1918.14	70.29	70.63	65.62	72.57	54.88	68.64	55.87	54.33	62.31	575.14	29.98
22	1887.28	65.63	67.42	72.87	67.50	50.07	65.31	53.66	55.76	63.97	562.18	29.79
2	1897.49	74.04	69.55	62.24	69.67	52.51	66.26	53.33	53.42	60.28	561.31	29.58
19	1878.09	65.32	61.72	68.15	65.34	50.63	66.92	53.72	51.18	61.92	544.89	29.01
26	1882.22	68.68	64.29	70.07	66.80	47.63	67.53	47.43	50.88	58.18	541.49	28.77
24	1936.42	63.12	65.84	64.31	63.44	48.09	70.08	49.38	49.41	57.05	530.72	27.41
20	1896.21	64.23	65.06	62.99	59.83	39.24	64.77	45.41	44.76	56.59	502.88	26.52
7	1879.58	63.82	65.01	62.83	61.93	43.25	65.26	44.32	41.84	45.78	494.04	26.28
3	1947.61	53.75	53.74	62.80	62.52	38.35	65.11	44.91	44.98	56.75	482.91	24.80
15	1959.63	43.66	48.48	50.28	48.71	28.61	56.71	31.53	36.89	52.14	397.02	20.26
5	2007.38	49.53	47.17	43.08	48.33	30.99	54.31	35.32	36.30	52.22	397.26	19.79
11	2084.20	55.15	46.51	52.38	51.93	29.84	54.61	36.38	20.80	13.30	360.91	17.32
9	2099.37	34.25	38.65	37.13	37.64	20.71	44.42	26.13	26.28	47.64	312.84	14.90
13	2132.46	29.24	27.83	43.26	39.99	12.36	23.89	13.35	19.81	22.51	232.24	10.89
17	2656.53	2.20	0.00	5.18	2.03	0.00	0.00	0.00	4.78	3.00	17.19	0.65

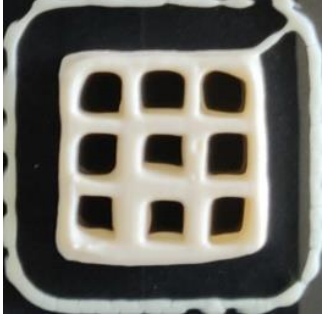
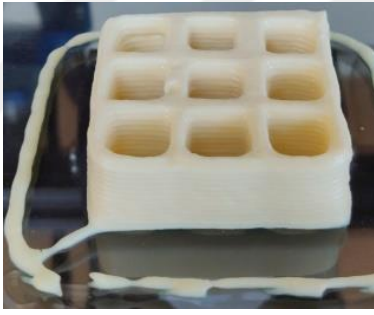
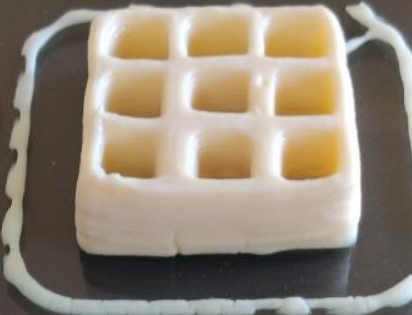
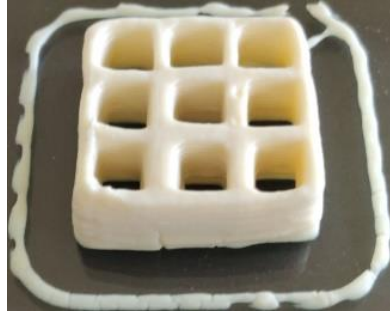
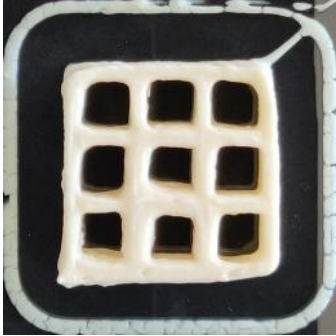
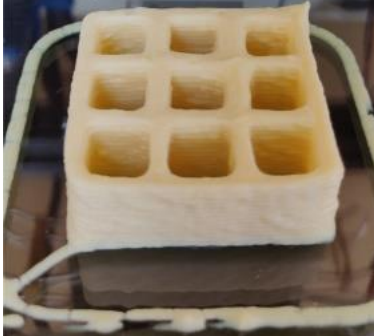
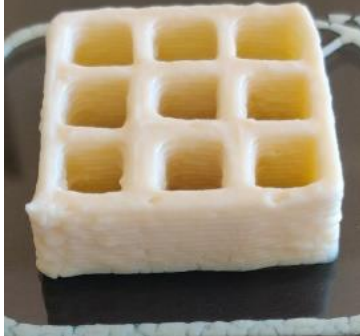
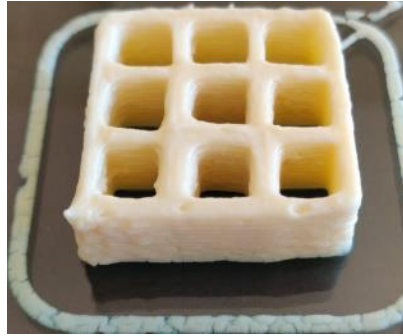
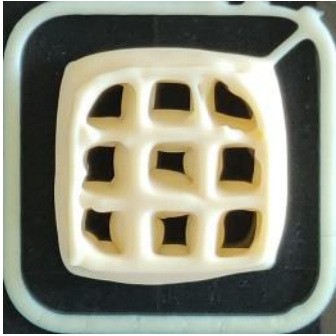
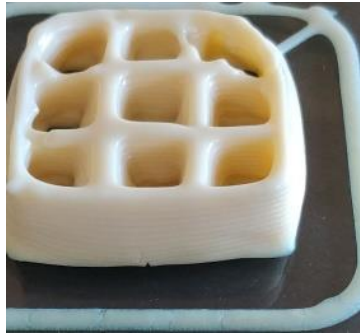
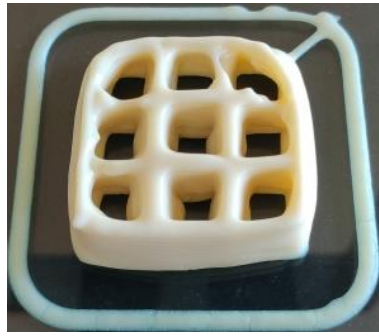
Tablo 4.3. 29 adet zenginleştirilmiş lor bazlı formülasyonun ızgara baskısının farklı açılardan görüntüleri ve video kayıtları

No	Üst	Ön	Arka	45° açı	Video
1					https://youtu.be/vGsSOuTotVs
2					https://youtu.be/3h1jQsr7lN4
3					https://youtu.be/VyEQZ_a0eaw

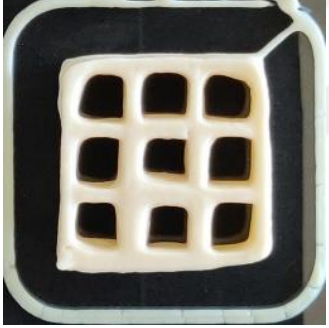
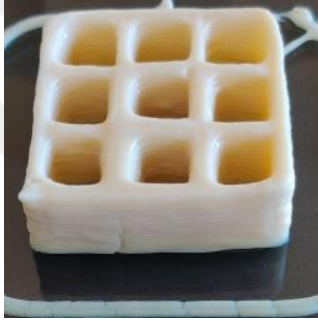
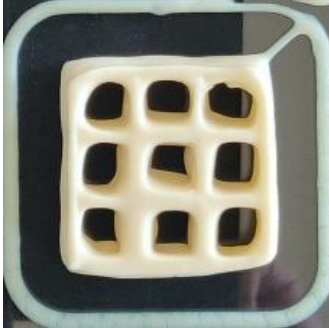
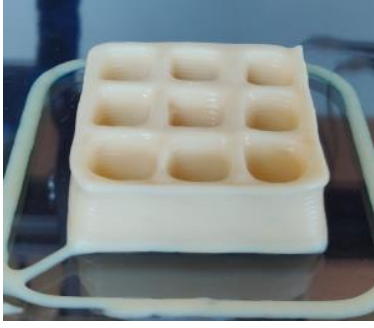
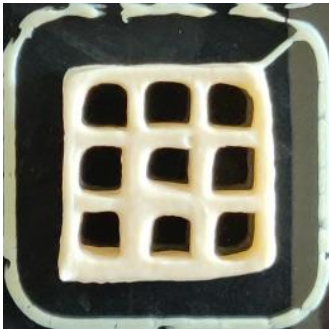
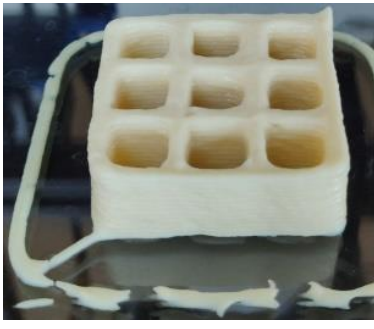
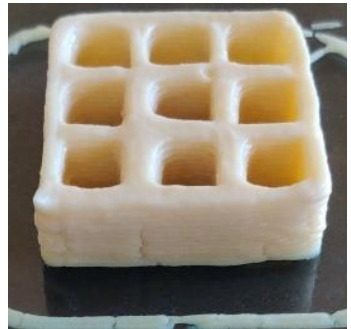
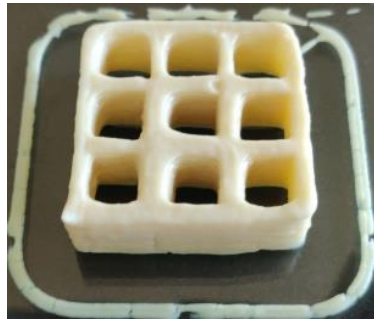
Tablo 4.3. (devam)

No	Üst	Ön	Arka	45° açı	Video
4					https://youtu.be/OmZM8wJAUFQ
5					https://youtu.be/6Hyghn67Quk
6					https://youtu.be/DAqYyTseHdg

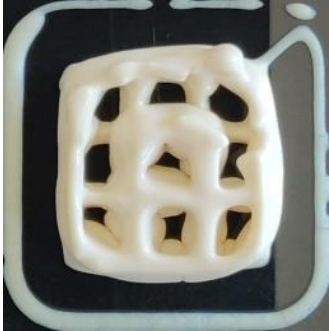
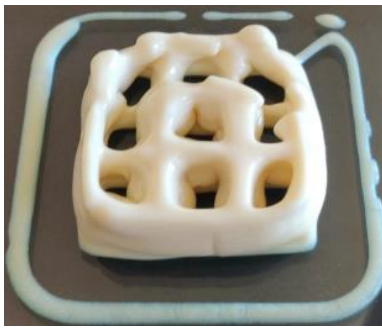
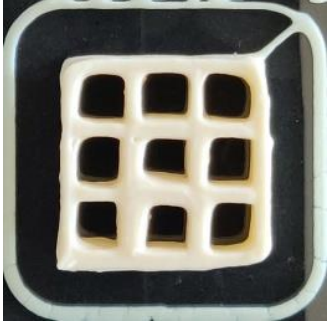
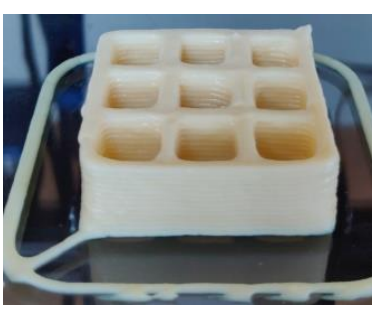
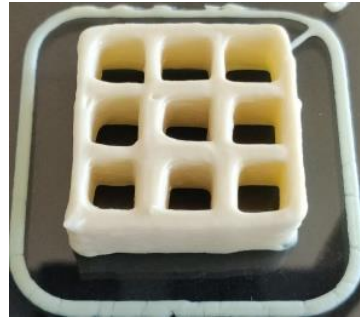
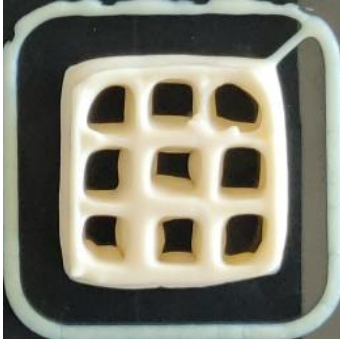
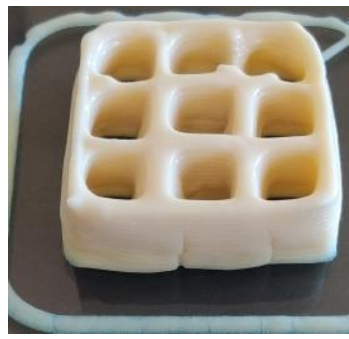
Tablo 4.3. (devam)

No	Üst	Ön	Arka	45° açı	Video
7					https://youtu.be/_YzNbFqvDPA
8					https://youtu.be/LeJ45ZdJ_6o
9					https://youtu.be/KYQfPhCzYqM

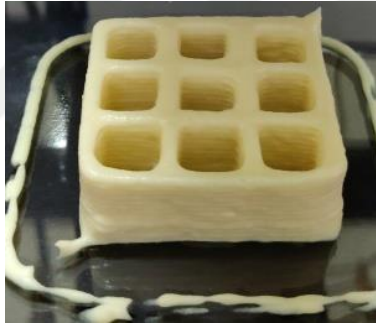
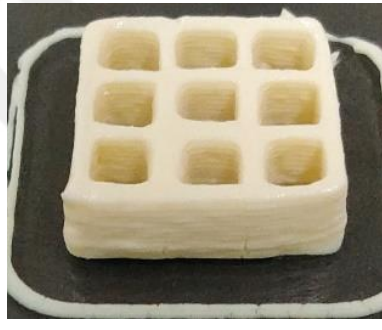
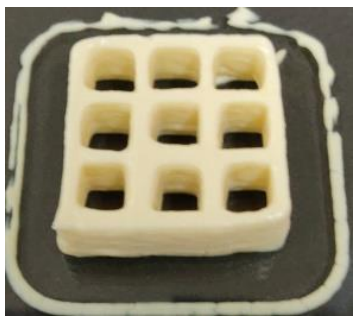
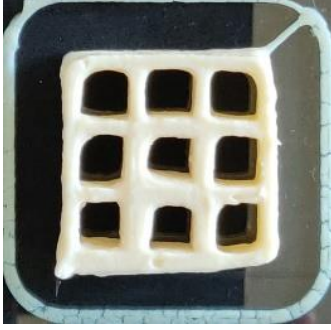
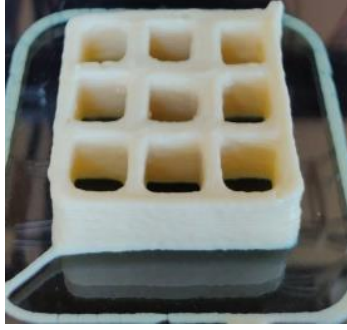
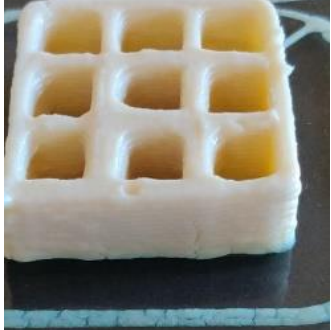
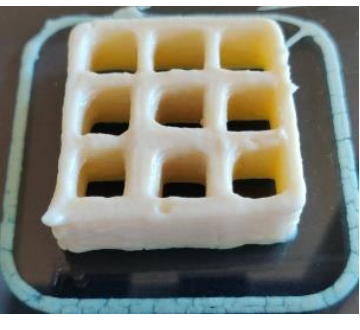
Tablo 4.3. (devam)

No	Üst	Ön	Arka	45° açı	Video
10					https://youtu.be/9Rv3skdwrG8
11					https://youtu.be/utNaWE2B36o
12					https://youtu.be/Pk1_RdtAckI

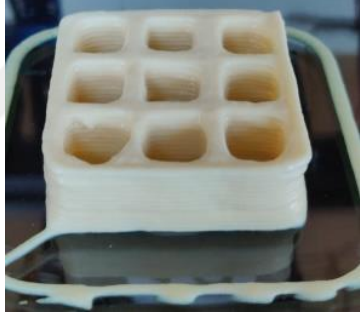
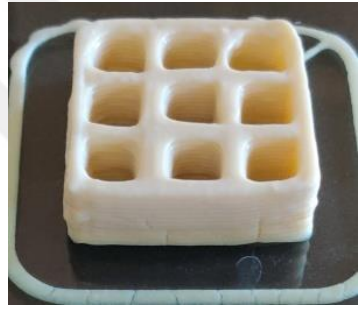
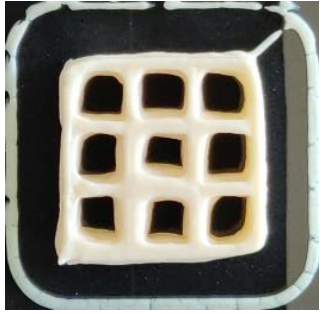
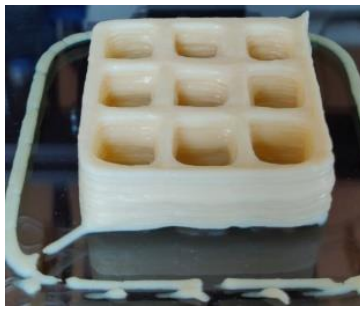
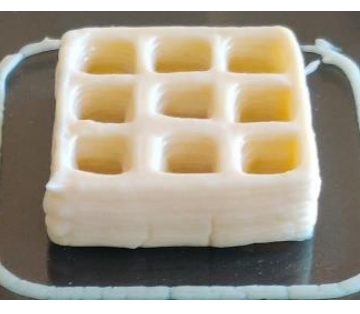
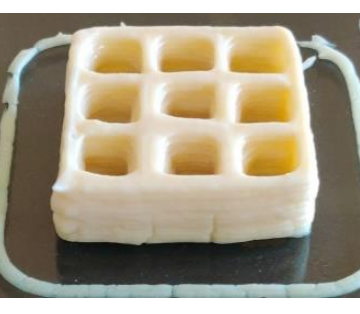
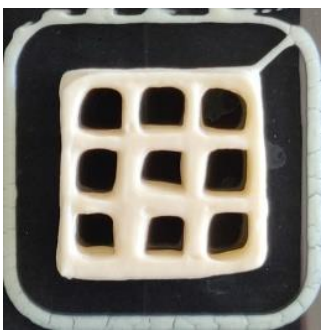
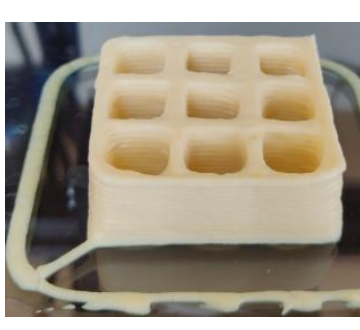
Tablo 4.3. (devam)

No	Üst	Ön	Arka	45° açı	Video
13					https://youtu.be/6yj9IJ4ee7M
14					https://youtu.be/2FYhXtn-9Rw
15					https://youtu.be/9g3zP1_BYtE

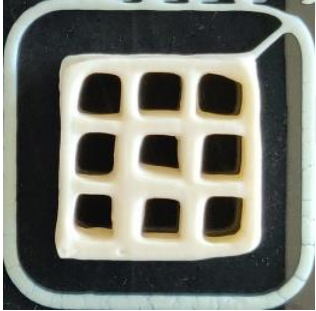
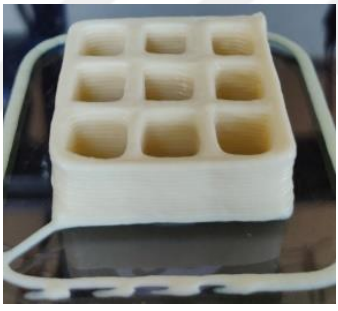
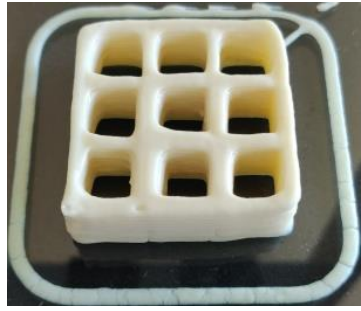
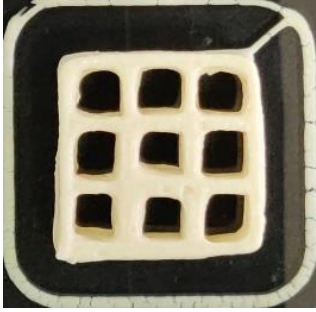
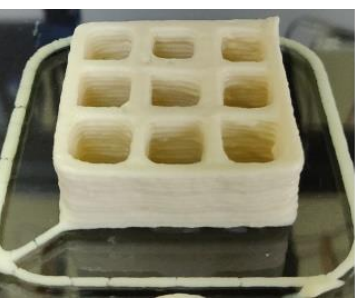
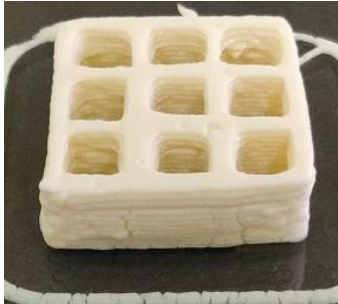
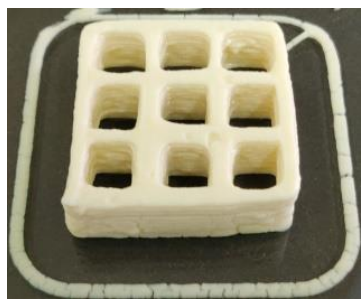
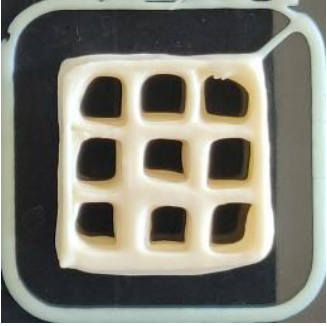
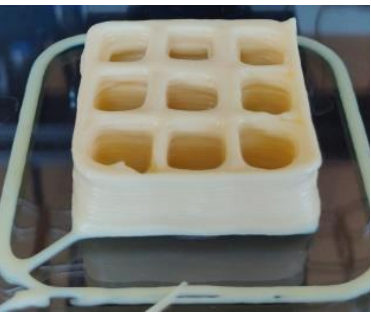
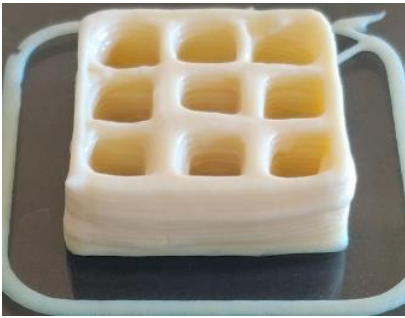
Tablo 4.3. (devam)

No	Üst	Ön	Arka	45° açı	Video
16					https://youtu.be/OCscjB76cRM
17					https://youtu.be/ypdLZfp9S4A
18					https://youtu.be/Bc3ruq5xFI4

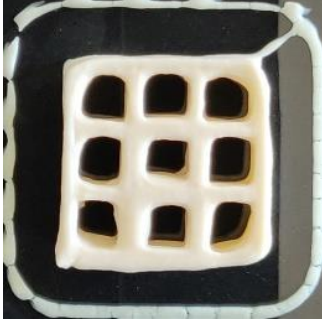
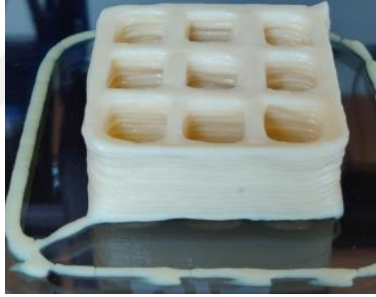
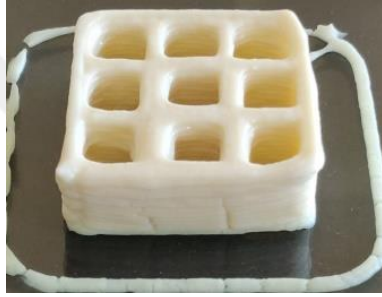
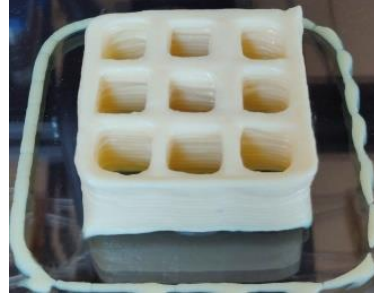
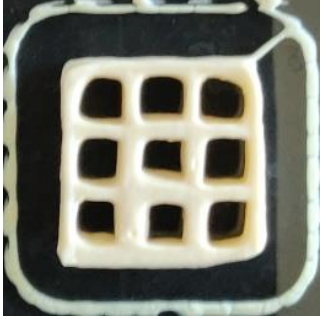
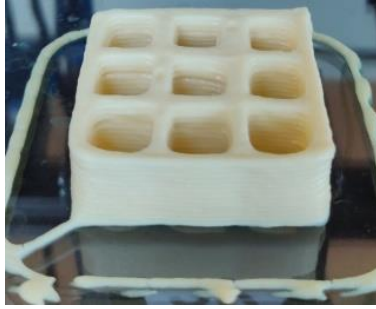
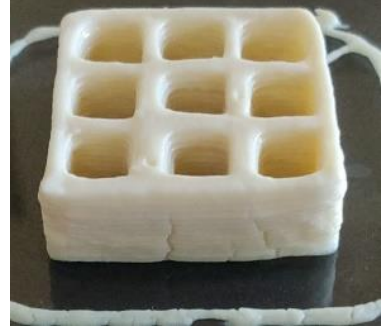
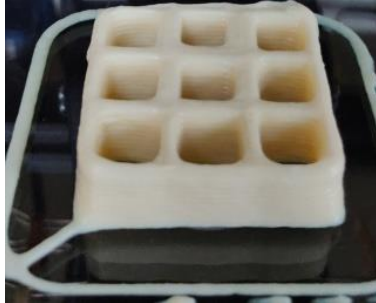
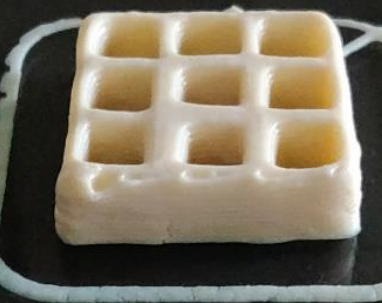
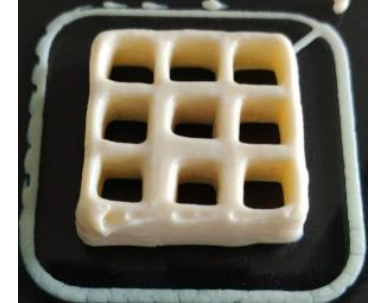
Tablo 4.3. (devam)

No	Üst	Ön	Arka	45° açı	Video
19					https://youtu.be/nUlxTS2UDlU
20					https://youtu.be/rYWYSrODbt0
21					https://youtu.be/TBVakKAhxSY

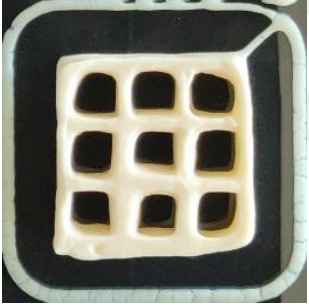
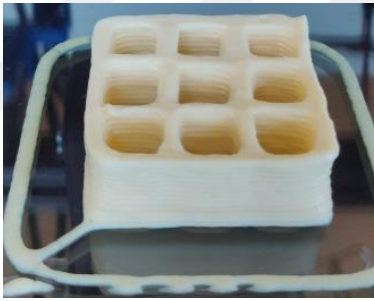
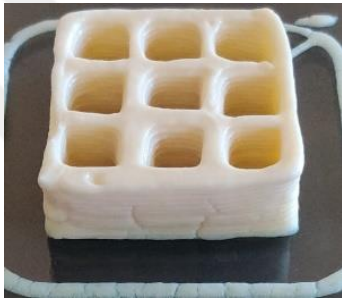
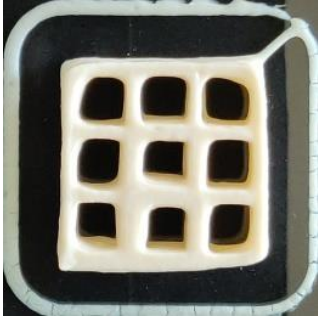
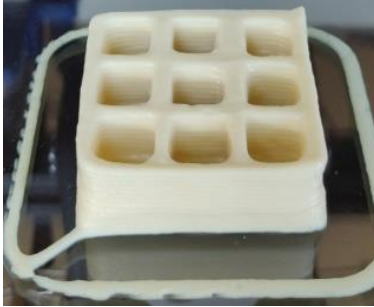
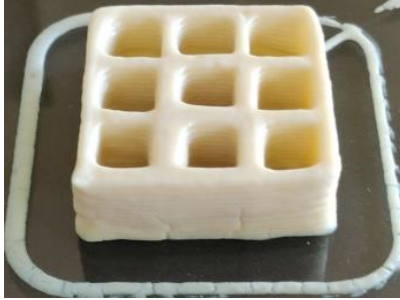
Tablo 4.3. (devam)

No	Üst	Ön	Arka	45° açı	Video
22					https://youtu.be/Tl44lMIhVNk
23					https://youtu.be/ZmgoXJjsIUM
24					https://youtu.be/fKBgn4KVT-A

Tablo 4.3. (devam)

No	Üst	Ön	Arka	45° açı	Video
25					https://youtu.be/QDKpL6AvqOU
26					https://youtu.be/MtiPknWNWxo
27					https://youtu.be/NhZdSKCRWjY

Tablo 4.3. (devam)

No	Üst	Ön	Arka	45° açı	Video
28					https://youtu.be/eWRrwiEsUHo
29					https://youtu.be/iXO07qca7kk

4.1.4. Baskı Puanı (Printing Score)

Baskı örneklerinin yazdırma sırasında ve sonrasında baskı puanlarının derecelendirilmesi Yöntem 3.2.6.4'e göre yapılmıştır. Nozülден akış (ekstrüzyon), katman (layer) ve basılan model özellikleri bakımından üç ana başlıkta değerlendirilmiştir. Her deney örneği başlangıçta 100 tam puan olarak kabul edilmiştir. Her örnek için “X” ile işaretlenen kusurlar karşısındaki puan kadar 100’den çıkartılmıştır.

Sonuçlar değerlendirildiğinde 100 tam puan alan hiçbir deney örneği bulunmamıştır. Hangi örneğin kaç puan aldığı aşağıda belirtilmiştir.

- 95 puan alan 3 adet örnek vardır. Bunlar; 27, 28 ve 29 nolu örneklerdir.
- 90 puan alan 8 adet örnek vardır. Bunlar; 1, 14, 15, 19, 20, 21, 25 ve 26 nolu örneklerdir.
- 85 puan alan 6 adet örnek vardır. Bunlar; 3, 5, 7, 10, 22 ve 24 nolu örneklerdir.
- 80 puan alan 2 örnek vardır. Bunlar; 2 ve 9 nolu örneklerdir.
- 75 puan alan 2 örnek vardır. Bunlar; 11 ve 12 nolu örneklerdir.
- 70 puan alan 4 örnek vardır. Bunlar; 4, 6, 13 ve 23 nolu örneklerdir.
- 65 puan alan 3 örnek vardır. Bunlar; 8, 16 ve 18 nolu örneklerdir.
- 60 puan alan hiç örnek yoktur.
- 55 puan alan 1 örnek vardır. O da 17 nolu örnektir.
- 55 puandan daha az baskı puanı alan örnek yoktur.

Baskı puanı (Printing score) sonuçları ayrıntılı bir şekilde Tablo 4.4’te gösterilmiştir. Görüntü işleme değerleri ile baskı puanı sonuçları bazı durumlarda paralellik göstermemektedir. Çünkü görüntü işleme değeri yüksek olan bir deney örneğinin baskı puanı düşük olabilmektedir. Dolayısıyla bu analizlerin ayrı ayrı değil birlikte değerlendirilmesi gerektiği kanısına varılmıştır.

Tablo 4.4. Baskı puanı (Printing score) sonuçları

Deney no:			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Nozülден Akış (ekstrüzyon) Özellikleri	Kesikli akıp akmama durumu	Fazla akışkan. (-15 puan)																	X												
		Kesikli ve koparak akıyor. (-10 puan)					X				X				X																
		Kesikli ama düzgün akıyor. (-5 puan)											X				X														
	Lineer akıp akmama durumu	Düz bir doğrultuda akmayıp sallanarak akıyor. (-10 puan)				X		X		X				X				X		X											
		Zorlanarak akıyor. (-5 puan)		X	X							X										X			X						
Katman (Layer) Özellikleri	Katmanların üst üste birikip birikmeme durumu	Katmanlar üst üste birikmiyor. (-15 puan)																	X												
		Üst üste birikiyor fakat kısa süre sonra içiçe geçiyor. (-10 puan)											X		X																
		Katmanlar belli belirsiz veya aşırı belirgin. (-5 puan)									X															X					
	Katmanların taşma/şişkinli k/hızalanma durumu	7'den fazla karede taşkınlıklar görülüyor. (-15 puan)				X		X		X								X		X					X						
		3-7 karede taşkınlıklar görülüyor. (-10 puan)		X										X																	
		2'den az karede taşkınlıklar görülüyor. (-5 puan)	X		X							X				X								X		X	X	X			

4.4. (Devam)

[illegible]

4.1.5. Ksantan Gam, Mısır Nişastası, Krema ve Balın Tekstür (Sürülebilirlik) ve Viskozite Üzerine Etkisi ve Optimizasyonu

Formülasyondaki bağımsız değişkenlerin, zenginleştirilmiş lor bazlı ürünün sürülebilirlik ve viskozite üzerine etkisinin tespit edilmesi için görüntü işleme ve baskı puanı sonuçlarına göre en iyi deney örnekleri tespit edilmiştir. Bunun için görüntü işleme puanı 30 ve üzeri olanlar, baskı puanı ise 85 ve üzerine olanlar seçilmiştir. Dolayısıyla 10, 14, 28, 29, 27, 25 ve 1 nolu deney örnekleri en iyi sonuçları almışlardır (Tablo 4.5). Optimizasyon için bu yedi deney örneğinin yanıtlarının en düşük ve en yüksek değerleri, optimizasyonda alt ve üst limit olarak Yanıt Yüzey Yöntemi Central Composite Design planında seçilmiştir (Tablo 4.5).

Tablo 4.5. Alt ve üst limit belirleme tablosu

Deney No	Görüntü İşleme (30≤)	Baskı Puanı (85≤)	Sıklık	Sürülebilirlik	Yapışkanlık	Tutunabilirlik	Viskozite
10¹	32.12²	85³	1070.75^A	826.85^A	-1165.43^A	-287.82	6.15
14¹	31.34²	90³	1258.34	951.28	-1339.19	-314.5	6.64
6	31.29²	70	1597.02	1249.81	-1658.24	-341.56	8.19
12	30.96²	75	1622.07	1234.07	-1729.62	-392.11	9.37
8	30.87²	65	1973.35	1518.6	-2031.35	-451.47	10.95
23	30.73²	70	2027.01	1575.04	-2105.39	-396.71	9.56
28¹	30.57²	95³	1183.58	899.20	-1318.57	-275.43	6.65
29¹	30.49²	95³	1099.98	858.08	-1223.27	-301.44	6.73
27¹	30.41²	95³	1147.56	866.94	-1283.56	-299.06	8.14^U
18	30.19²	65	2299.35	1730.5	-2279.44	-474.63	11.76
25¹	30.11²	90³	1323.90^U	1019.78^U	-1475.48^U	-333.74^U	6.87
1¹	30.01²	90³	1097.91	845.75	-1206.65	-258.82^A	5.21^A
16	29.99	65	1431.28	1049.68	-1529.55	-340.89	8.85
4	29.98	70	2542.57	2022.91	-2561.66	-484.88	12.65
21	29.89	90	1333.46	1000.12	-1510.19	-316.23	7.73
22	29.79	85	1086.70	816.08	-1211.16	-278.59	6.27
2	29.58	80	1594.29	1204.13	-1688.22	-303.95	9.07
19	29.01	90	1148.67	869.22	-1264.15	-277.86	6.75
26	28.77	90	1181.81	901.79	-1322.18	-302.73	7.01
24	27.41	85	998.91	746.93	-1142.01	-260.9	6.95
20	26.52	90	1638.41	1189.39	-1842.01	-386.75	10.03
7	26.28	85	1194.79	913.11	-1332.52	-292.95	6.79
3	24.80	85	1328.58	1010.87	-1492.96	-317.77	7.23
15	20.26	90	775.08	553.56	-956.74	-213.13	5.82
5	19.79	85	648.51	472.37	-771.92	-145.68	4.29
11	17.32	75	1015.44	696.79	-1264.41	-203.96	5.41
9	14.90	80	546.38	401.17	-665.90	-146.69	3.37
13	10.89	70	484.48	362.77	-594.70	-100.73	2.75
17	0.65	55	351.96	206.73	-502.71	-60.20	1.47

¹: Hem 30'un üstünde görüntü işleme değeri olan hem de 85 ve üzeri puan almış deney örnekleri

²: Görüntü işleme değeri 30 üzeri olanlar

³: Baskı puanı 85 ve üzeri olanlar

^U: Üst limitler

^A: Alt limitler

Bağımsız değişkenler ksantan gam, mısır nişastası, krema ve bal iken yanıtlar ise sıklık, sürülebilirlik, yapışkanlık, tutunabilirlik ve viskozitedir. Alt ve üst limit aralıkları belirlendikten sonra modelin uygunluğunu belirlemek ve istatistiksel önemini vurgulamak için Central Composite Design yönteminde varyans (ANOVA) ve regresyon analizi uygulanmıştır. Optimizasyon aşamasında her bir yanıt arasındaki ilişkiyi ifade eden matematiksel modeller meydana getirilmiştir. Her bir değişkenin öncelikle lineer etkileri, daha sonra kuadratik ve interaksiyon etkileri tespit edilmiş ve kareler toplamındaki artış ve model uygunsuzluğu testi (lack of fit) değerleri analiz edilmiştir (Tablo 4.6). ANOVA istatistik analizi sonuçlarında modeller arasında p değeri 0.05'ten büyük olan değerler önemsiz kabul edilmiştir. Yanıt yüzey sonuçları için modelin uygunsuzluk (lack of fit) değeri modelde önemsiz ($p>0.05$) bulunması gereklidir (Seyrekoğlu, 2020). Her bir yanıt için model uygunsuzluğu (lack of fit) % 95 güven seviyesinde önemsiz çıkmıştır. Kremanın tutunabilirlik ve viskozite üzerine etkisi önemli değilken diğer tüm bağımsız değişkenlerin yanıtlar üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur.

Ksantan gam, mısır nişastası, krema ve bal miktarının sıklık, sürülebilirlik, yapışkanlık, tutunabilirlik ve viskozite yanıtı üzerine etkisini gösteren grafikler Şekil 4.3, 4.4, 4.5, 4.6 ve 4.7'de gösterilmiştir. Optimizasyon aşamasında her bir yanıt arasındaki ilişkiyi gösteren matematiksel model formülleri ise aşağıda verilmiştir.

$$\text{Sıklık} = + 1275.94 + 412.22 * A + 190.21 * B - 81.19 * C - 242.89 * D$$

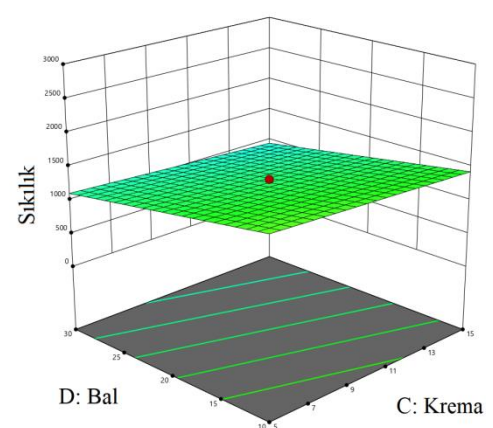
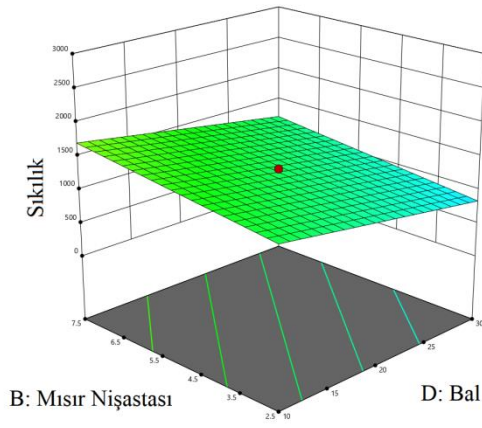
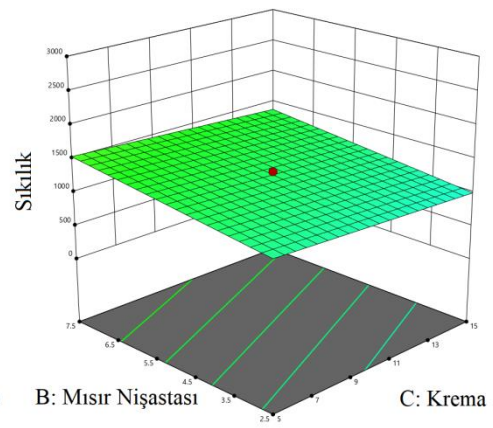
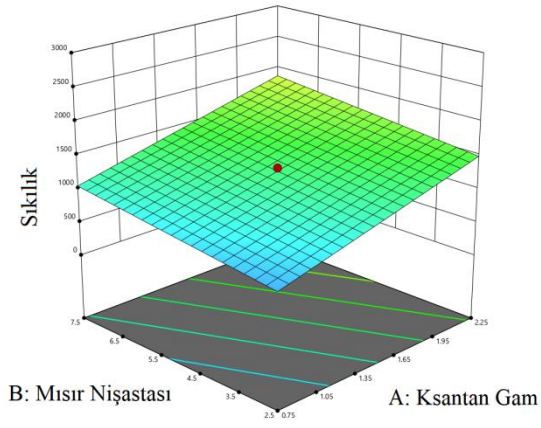
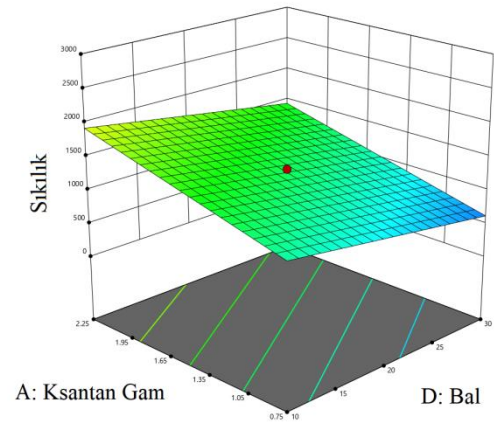
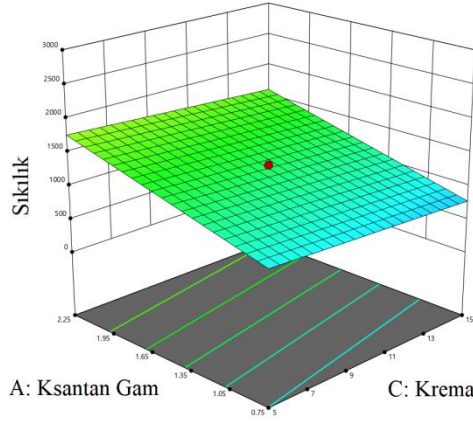
$$\text{Sürülebilirlik} = + 965.29 + 327.02 * A + 138.58 * B - 64.14 * C - 200.73 * D$$

$$\text{Yapışkanlık} = - 1395.49 - 373.79 * A - 206.85 * B + 89.95 * C + 226.03 * D$$

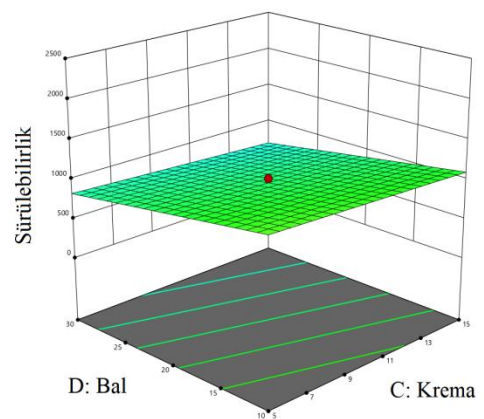
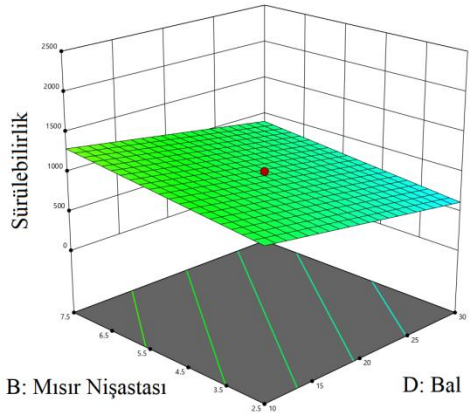
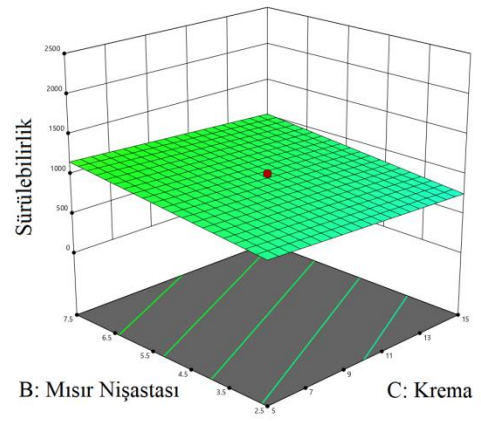
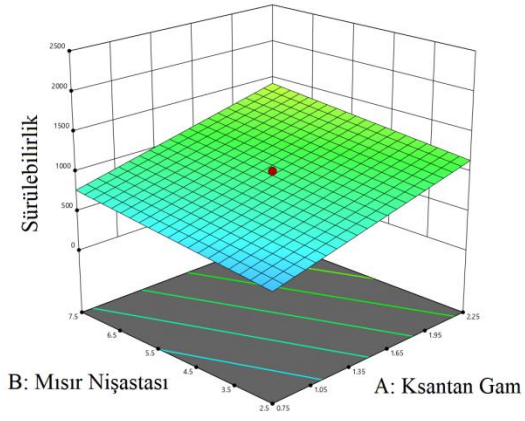
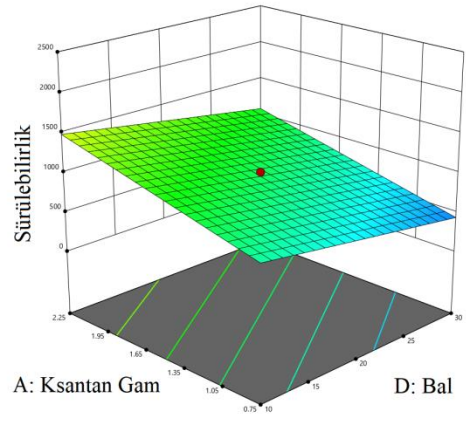
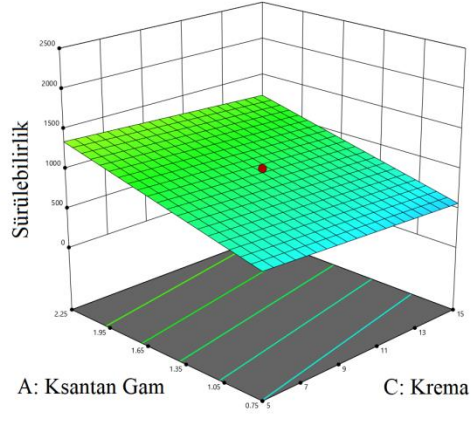
$$\text{Tutunabilirlik} = - 295.21 - 86.10 * A - 42.30 * B + 11.27 * C + 36.20 * D$$

$$\text{Viskozite} = + 7.20 + 2.15 * A + 1.17 * B - 0.2958 * C - 0.8850 * D$$

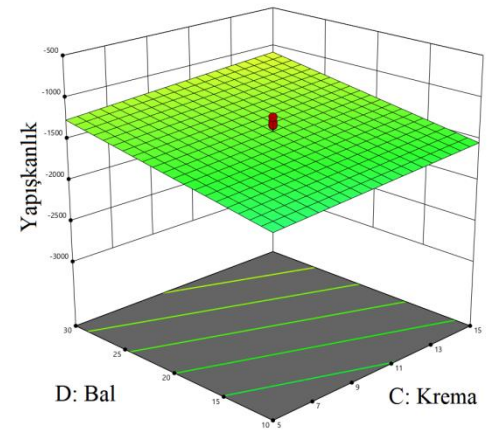
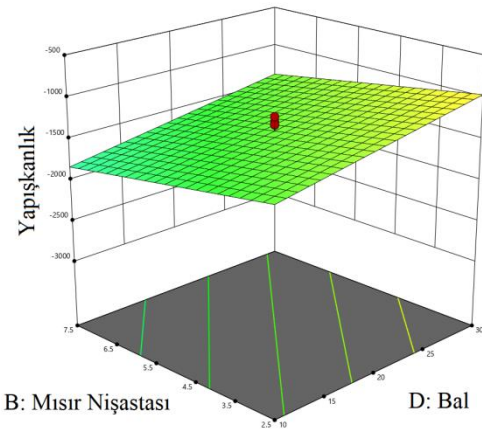
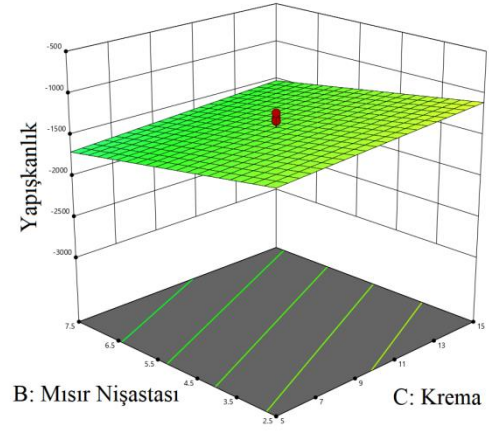
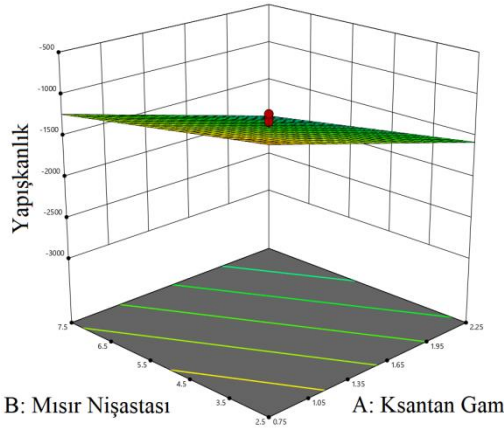
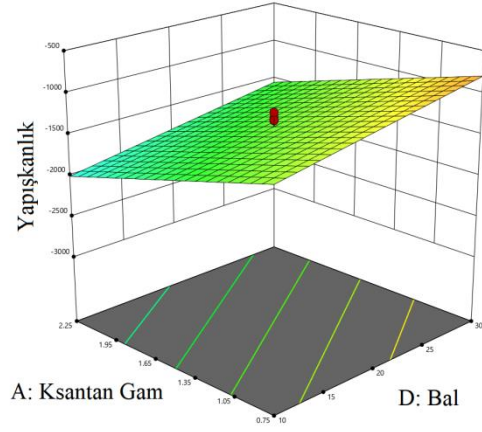
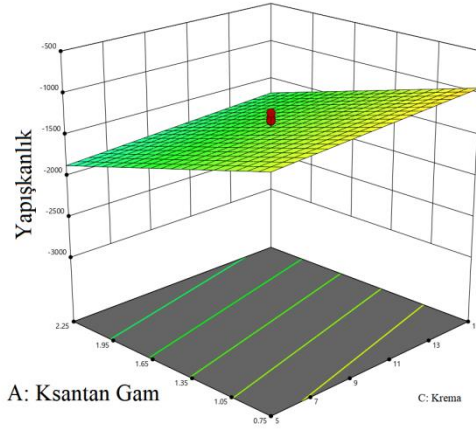
(A: Ksantan Gam, B: Mısır Nişastası, C: Krema, D: Bal)



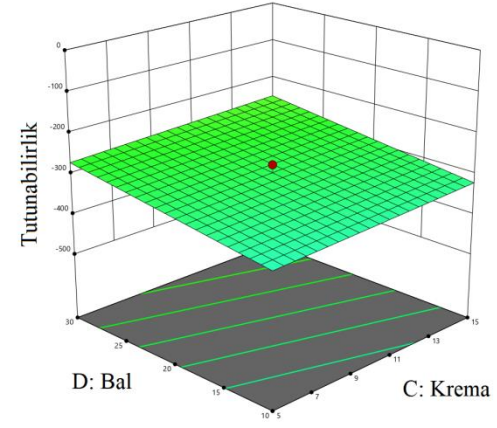
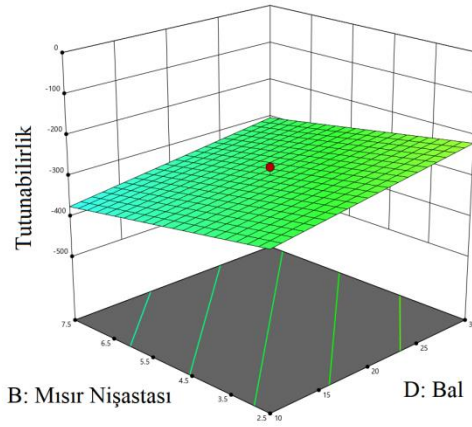
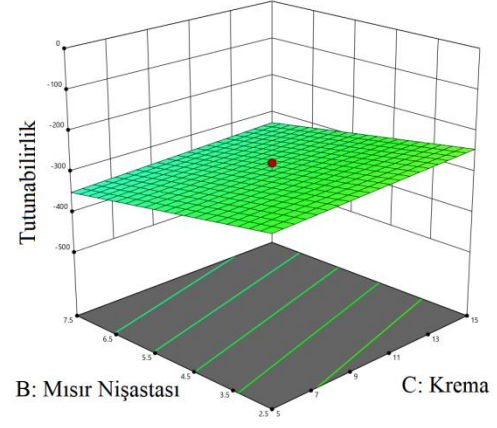
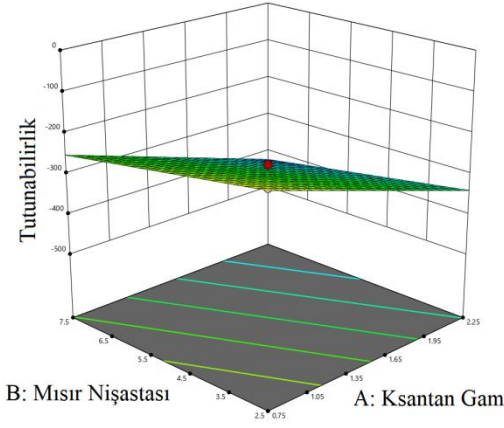
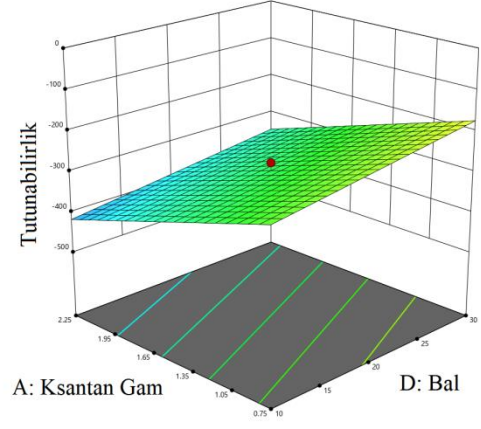
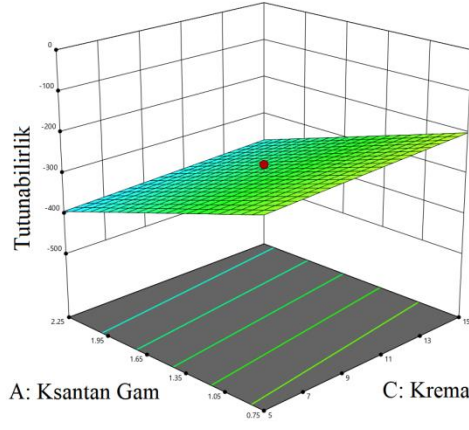
Şekil 4.3. Ksantan gam, mısır nişastası, krema ve bal miktarının sıklık yanıtı üzerine etkisini gösteren yanıt yüzey grafikleri



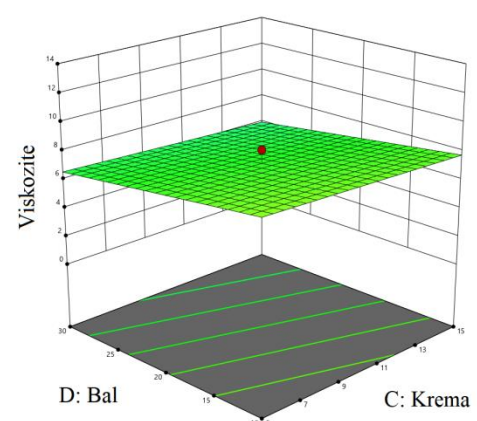
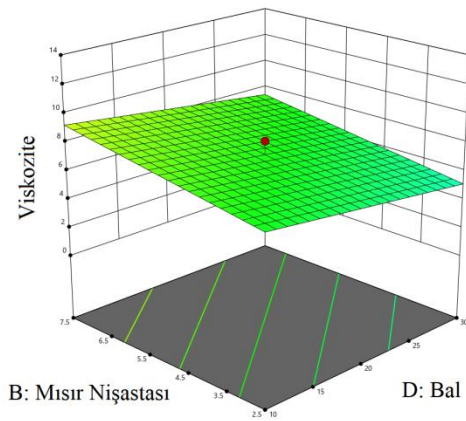
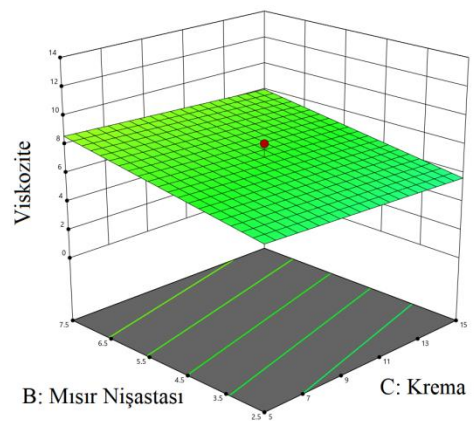
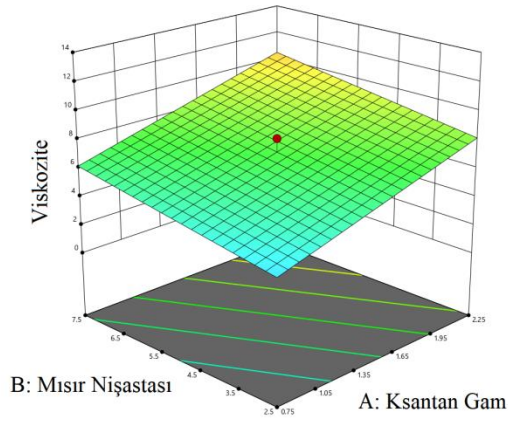
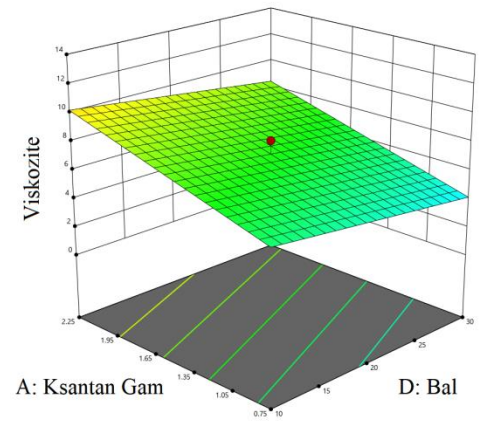
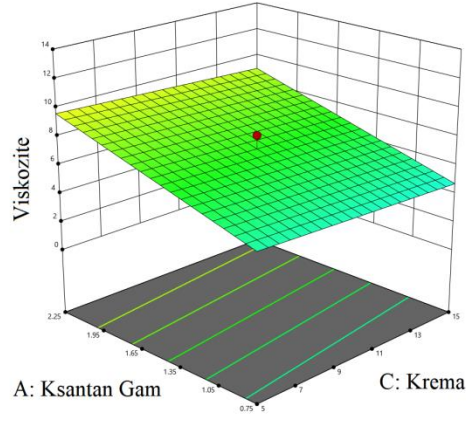
Şekil 4.4. Ksantan gam, mısır nişastası, krema ve bal miktarının sürülebilirlik yanıtı üzerine etkisini gösteren yanıt yüzey grafikleri



Şekil 4.5. Ksantan gam, mısır nişastası, krema ve bal miktarının yapışkanlık yanıtı üzerine etkisini gösteren yanıt yüzey grafikleri



Şekil 4.6. Ksantan gam, mısır nişastası, krema ve bal miktarının tutunabilirlik yanıtı üzerine etkisini gösteren yanıt yüzey grafikleri



Şekil 4.7. Ksantan gam, mısır nişastası, krema ve bal miktarının viskozite yanıtı üzerine etkisini gösteren yanıt yüzey grafikleri

Tablo 4.6. Her bir yanıt üzerine bağımsız değişkenlerin etkileri

Kaynak	Sıklık		Sürülebilirlik		Yapışkanlık		Tutunabilirlik		Viskozite	
	Katsayı	p değeri	Katsayı	p değeri	Katsayı	p değeri	Katsayı	p değeri	Katsayı	p değeri
Varyans	1275.94	< 0.001	909.16	< 0.001	-1395.49	< 0.001	-295.21	< 0.001	7.20	< 0.001
A-Ksantan gam	412.22	< 0.001	327.02	< 0.001	-373.79	< 0.001	-86.10	< 0.001	2.15	< 0.001
B-Mısır Nişastası	190.21	< 0.001	138.58	< 0.001	-206.85	< 0.001	-42.30	< 0.001	1.17	< 0.001
C-Krema	-81.19	0.0254	-64.14	0.0257	89.95	0.0100	11.27	0.1230	-0.2958	0.0802
D-Bal	-242.89	< 0.001	-200.73	< 0.001	226.03	< 0.001	36.20	< 0.001	-0.8850	< 0.001
AB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A ²	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B ²	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C ²	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D ²	-	-	53.02	0.0500	-	-	-	-	-	-
Lack of fit		0.0746		0.0699		0.1320		0.1390		0.2939
R ²		0.9070		0.9511		0.9068		0.8993		0.9158
Model		Lineer		Kuadratik		Lineer		Lineer		Lineer

Optimum noktanın doğrulanması için önerilen şartlarda 3 tekrarlı olacak şekilde denemeler yapılmıştır. Elde edilen sürülebilirlik ve viskozite deneysel verileriyle tahmin edilen veriler arasındaki relative errors Tablo 4.7’de gösterilmiştir. Relative errors’un % 10’dan az olması optimum noktada uygulanan deney sonuçlarının tekrarlanabilir olduğunu göstermektedir.

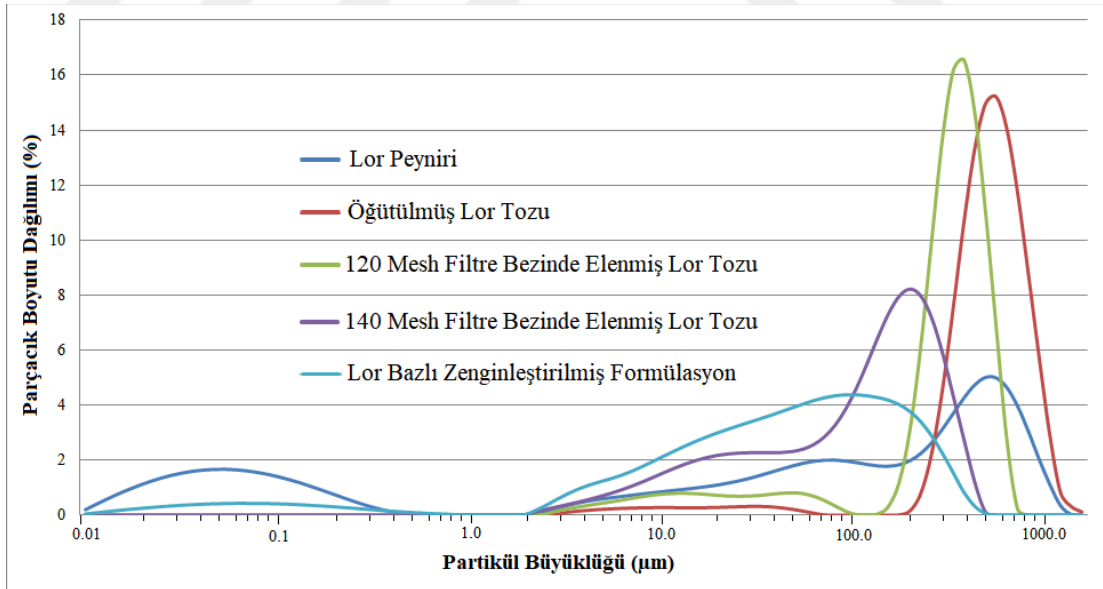
Tablo 4.7. Tahmin edilen değerler, deneysel veriler ve relative errors’lar

Parametreler	Hedef	Alt limit	Üst limit	Optimize veya tahmin edilen değer	Deneysel veriler $\pm$ Standart sapma	Relative Errors
A: Ksantan gam	Aralık	0.75	2.25	1.5367	1.54	
B: Mısır nişastası	Aralık	2.5	5	2.94584	2.95	
C: Krema	Aralık	5	15	13.7179	13.72	
D: Bal	Aralık	10	30	19.1823	19.18	
Sıklık	Aralık	1070.75	1323.90	1099.31	1170.56 $\pm$ 32.01	0.0648
Sürülebilirlik	Aralık	826.85	1019.78	836.151	899.17 $\pm$ 38.24	0.0753
Yapışkanlık	Aralık	-1165.43	-1475.48	-1195.42	-1232.64 $\pm$ 51.98	0.0311
Tutunabilirlik	Aralık	-258.82	-333.74	-259.25	-255.14 $\pm$ 11.01	0.0158
Viskozite	Aralık	5.21	8.14	6.19	6.69 $\pm$ 0.31	0.0807

3B gıda baskısının optimizasyonu için diğer parametreleri sabit kabul ettiğimizde formülasyonun içerisinde bulunan krema ve bal ürüne yumuşak ve akışkan özellik kazandırmaktadır. Ksantan gam ve mısır nişastası ise yapıya sert ve viskoz bir özellik kazandırmaktadır. Ürünün formülasyonunda mısır nişastasından ziyade ksantan gam oranının artması yapıyı iyileştirmektedir. Mısır nişastası ise yapıda jel oluşturarak daha plastiki bir akış sergilemesini kolaylaştırmaktadır. Kremanın etkisi viskozite ve tutunabilirlik üzerinde etkisi bulunmazken diğer yanıtlar üzerine etkili olduğu bulunmuştur. Kremadan ziyade yüksek oranda bal ilavesi su oranı düşük olmasına rağmen yapının kendisini salmasını sağlamaktadır. Dolayısıyla bu miktarlardaki artış veya azalış, optimum sürülebilirlik ve viskozite koşullarını belirlemek için optimize edilmiştir. Formülasyon için optimum formülasyon bileşen miktarları ksantan gam 1.54 gram, mısır nişastası 2.95 gram, krema 13.72 gram ve bal 19.18 gram şeklindedir (Tablo 4.7). İstenilirlik (Desirability) değeri ise 0.994 olarak bulunmuştur.

4.1.6. Partikül Büyüklüğü

Partikül büyüklüklerinin tespiti lor peyniri, lor tozu ve lor bazlı formülasyona uygulanmıştır. Lor tozu, içerisinde bulunan peynir altı suyu proteinlerinden dolayı kolay aglomerasyon olma eğilimindedirler. Peynir altı suyu proteinleri, fonksiyonel özellikleri geliştirmek için işlendikten sonra birleşebilmektedirler. Aglomerasyon adı verilen bu durum, birkaç parçacığın birleşerek topaklar halinde küçük kümeler oluşturmasıdır. Dolayısıyla aglomerasyon, toz halindeki süt proteinlerinin partikül büyüklüğünü (parçacık boyutunu) artırma eğilimindedir (Wright vd., 2009). Yapılan denemelerde prosesin kontrollü bir şekilde ilerlemesi için lor peynirinin toz haline getirilmesi gerektiği bulunmuştur. Ancak toz haline getirilen ürünler tekrar basılabilir bir ürün formülasyona kavuşması için partikül büyüklükleri arasındaki değişimin tespit edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, ISO-13320 metoduna göre partikül büyüklüğü (tane boyutu) analizi mikrometre seviyesinde geniş aralıkta ölçümleri yapılmıştır. Baskılarımızdaki partiküllerin reolojiye ve tekstüre etkisi bulunmakta ayrıca mikropartiküller kartuşun ucunda bulunan nozülü tıkayabilmektedir. Dolayısıyla analizden elde edilen veriler 3B baskı kalitesinin ne yönde gelişebileceği ile ilgili bilgiler verebilmektedir.



Şekil 4.8. Partikül büyüklüğü sonuçları

Partikül boyutu değerleri Şekil 4.8'de gösterilmiştir. Lor peynirleri kurutulduktan sonra kahve öğütücüsünde belli bir müddet parçalandığında granül halindedir. Bu granül yapısının partikül büyüklüklerini küçültmek için 120 mesh (125 µm) filtre bezinde eleme işlemi yapılmıştır. Bu eleme işlemi sayesinde daha

büyük olan granüllerin ayrıldığı ve daha küçük çaplı partikül miktarlarının arttığı gözlemlenmiştir. Elenen lor tozları tekrar öğütücüde öncekinden daha uzun süre parçalanarak bu sefer 140 mesh (105 μm) filtre bezinde elenmiştir. Daha küçük partikül büyüklüğüne sahip tozların miktarlarının arttığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.8). Lor bazlı formülasyon karışımları için 140 mesh filtre bezinde elenmiş lor tozları kullanılmıştır. Ancak formülasyon üretilene kadar geçen sürede depolanan tozlar nemin de etkisiyle tekrar kümelenerek partikül boyutlarının arttığı gözlemlenmiştir.

Lor peyniri ile lor bazlı formülasyonları kıyasladığımızda 100-1000 μm partikül boyutları arasında partikül çaplarının küçüldüğü ve küçük boyutlu partikül miktarlarının lor bazlı karışımda daha fazla bulunduğu gözlemlenmiştir. 0.01-1 μm partikül boyutları arasında ise lor bazlı formülasyonda partikül miktarlarının daha az olduğu gözlemlenmiştir. Lor bazlı formülasyon içerisinde bulunan diğer bileşenler ve uygulanan işlemler sayesinde daha homojen bir partikül dağılımı göstermişlerdir.

4.1.7. Dinamik Viskoelastik Yapı

Dinamik viskoelastik yapı, 3B gıda baskısı teknolojisinde önemli bir yer tutmaktadır. 3B yazıcılar sadece akışkan davranış gösterebilen gıdaları yazdırabilmektedir. Ancak akışkan yapının düşük viskozitede olması basılan yapının çökmesine ve 3B yapının oluşmamasına sebebiyet verebilmektedir. Özetle 3B baskısı yapılacak gıda maddesi; nozülde akabilecek kadar yumuşak kıvamda, baskısı yapılırken katman katman üzerine serilmesi için de hızlı sertleşebilecek ve yapısının deforme olmayacak şekilde mekanik mukavemet gösterebilen yarı-sert kıvamda olması istenmektedir. Dolayısıyla bu denge 3B gıda baskılarının temelini oluşturmaktadır. Eğer gıda maddeleri çok sert olursa nozülde ekstrüde edilmeyebilir veya ekstrüde edilse dahi düzgün bir akış sergileyemeyebilirler. Çok yumuşak olursa da nozülde kolaylıkla ekstrüde edilebilir ancak katman üstünde birikemeyecek, iç içe geçecek ve yapı yükselmeyecektir.

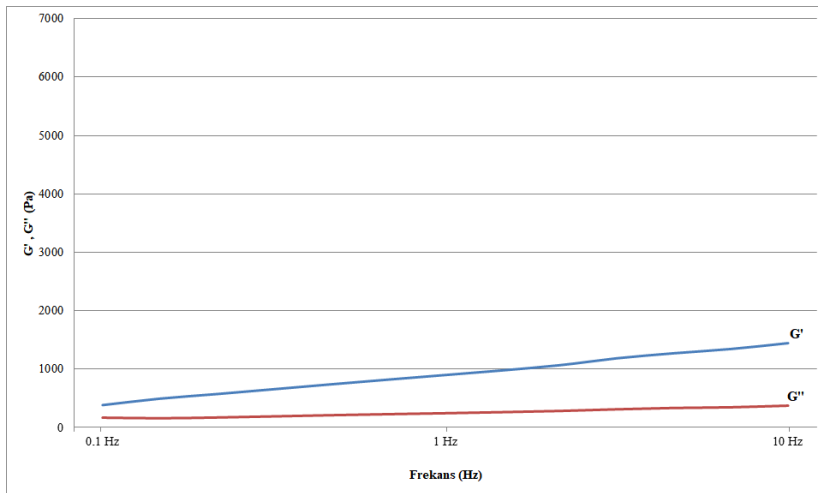
Bu parametreleri etkileyen reolojik özelliklerin başında depolama modülü (G') ve kayıp modülü (G'') gelmektedir. G'' / G' oranı kayıp tanjantı (faz açısı) değerini vermektedir. Kayıp tanjantı değerinin yüksek olması gıda malzemesinin enerjiyi absorbe etmede iyi olduğunu gösterirken, kayıp tanjant değerinin düşük olması malzemenin enerjiyi iletmede iyi olduğunu belirtmektedir. Ayrıca kayıp tanjant değerinden bağımsız olarak depolama modülünün yüksek olması, gıda malzemesinin

sert yapıda olduğunu ve deformasyona karşı iyi bir direnme kabiliyetine sahip olduğunu göstermektedir. Depolama modülünün düşük olması ise, gıda malzemesinin yumuşak olduğunu ve deformasyona karşı direnme kabiliyetinin zayıf olduğunu göstermektedir. Bununla beraber kayıp modülünün yüksek olması, gıda malzemesinin viskoz olduğunu ve iyi bir enerji absorbe etme kabiliyetine sahip olduğunu bildirmektedir. Kayıp modülünün daha düşük olması, gıda malzemesinin diğerlerine kıyasla elastik olduğunu ve enerjiyi emme yeteneğinin zayıf olduğunu belirtmektedir.

Depolama modülü ve kayıp modülü aynı zamanda gıda ürünlerinin 3B baskı kalitesini belirlemek için de kullanılmaktadır. Örneğin, gıda ürününde daha düşük ksantan gam ve mısır nişastası bulunmasından dolayı bu bileşenlerin karışımındaki suyu bağlayamamasından yapının zayıf olmasına sebebiyet verdiği düşünülmektedir. Bunun sonucunda gıda ürününün depolama modülünün düşmesine ve daha az elastik hale gelmesine sebep olmaktadır. Dolayısıyla 3B baskı teknolojisinde depolama ve kayıp modülü arasındaki ilişkinin anlaşılması önemlidir.

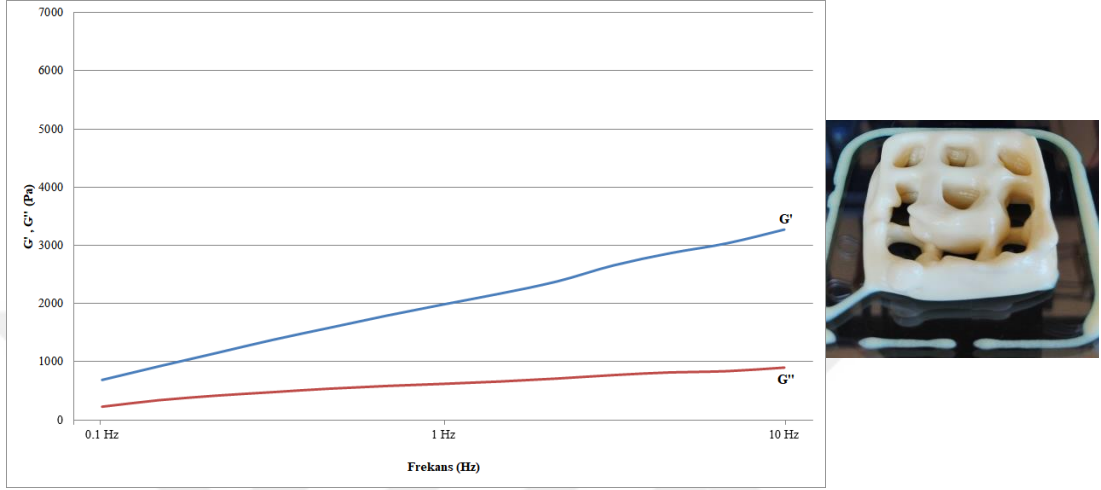
Baskı görünüşlerinde aralarındaki farklar bariz olan 5, 9, 13, 15 ve 17 nolu örnekler seçilmiştir. Seçilen deney örnekleri ile optimize edilen kontrolün G' ve G'' değerleri belirlenmiştir.

5 gram mısır nişastası, 10 gram krema ve 20 gram bal içeren 17 nolu deney örneğine ait G' ve G'' değerleri Şekil 4.9'da gösterilmiştir. Kayıp tanjantı değeri 0.25'dir. Görünür viskozitesi 1.47 Pa.s'dir. Bu deney örneğinde ksantan gam bulunmaması yapının tamamen kendisini salmasına sebebiyet vermiştir. Diğer örneklerle kıyasla en düşük G' ve G'' değerleri 17 nolu deney örneğinde tespit edilmiştir.



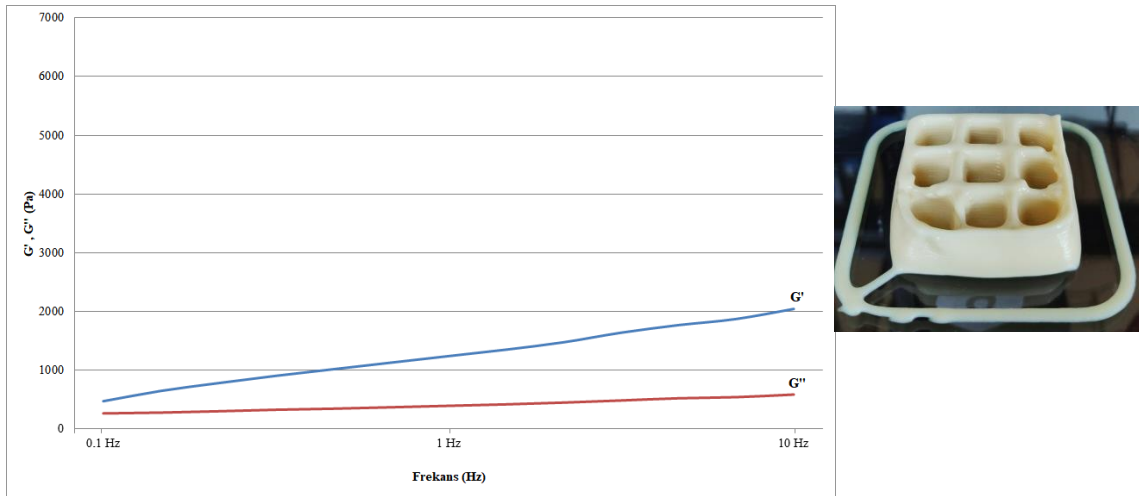
Şekil 4.9. 17 nolu deney örneğine ait G' ve G'' değerleri

0.75 gram ksantan gam, 2.5 gram mısır nişastası, 15 gram krema ve 30 gram bal içeren 13 nolu deney örneğine ait G' ve G'' değerleri Şekil 4.10'da gösterilmiştir. Kayıp tanjantı değeri 0.27'dir. Görünür viskozitesi 2.75 Pa.s'dir. Bu deney örneğinde ksantan gam ve mısır nişastasının az, krema ve bal miktarının çok olması yapının kendisini yazdırılırken salmasına sebebiyet vermiştir.



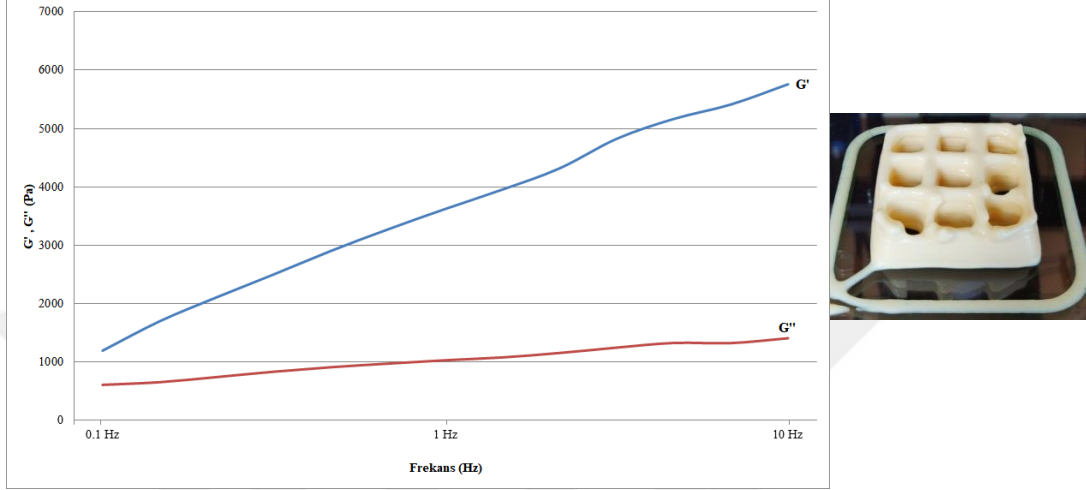
Şekil 4.10. 13 nolu deney örneğine ait G' ve G'' değerleri

0.75 gram ksantan gam, 2.5 gram mısır nişastası, 5 gram krema ve 30 gram bal içeren 9 nolu deney örneğine ait G' ve G'' değerleri Şekil 4.11'de gösterilmiştir. Kayıp tanjantı değeri 0.28'dir. Görünür viskozitesi 3.37 Pa.s'dir. Bu deney örneğinde ksantan gam ve mısır nişastasının az, bal miktarının çok olması yapının kendisini yazdırılırken kısmi olarak salmasına sebebiyet vermiştir.



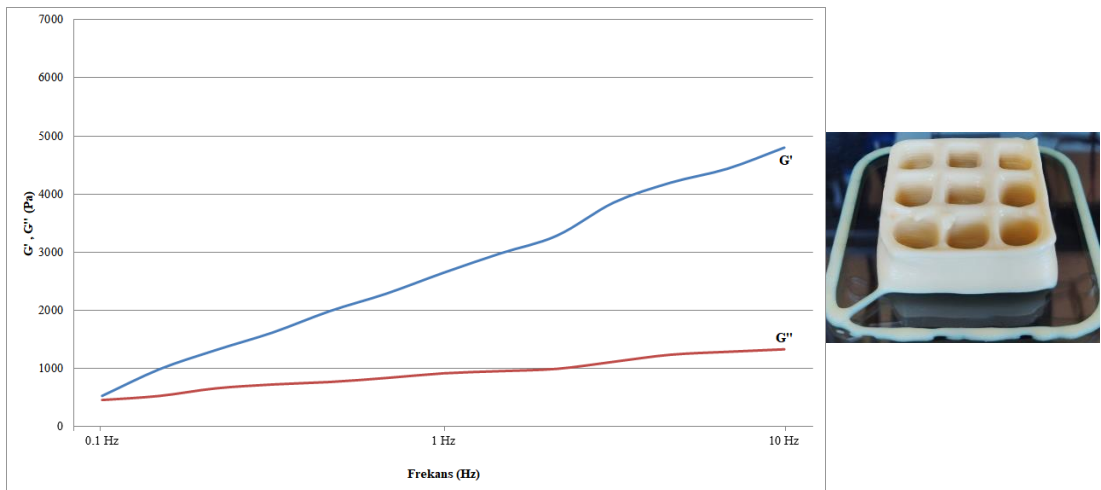
Şekil 4.11. 9 nolu deney örneğine ait G' ve G'' değerleri

0.75 gram ksantan gam, 2.5 gram mısır nişastası, 15 gram krema ve 10 gram bal içeren 5 nolu deney örneğine ait G' ve G'' değerleri Şekil 4.12'de gösterilmiştir. Kayıp tanjantı değeri 0.24'dir. Görünür viskozitesi 4.29 Pa.s'dir. Bu deney örneğinde ksantan gam ve mısır nişastasının az, krema miktarının çok olması yapının kendisini yazdırılırken kısmi olarak salmasına sebebiyet vermiştir.



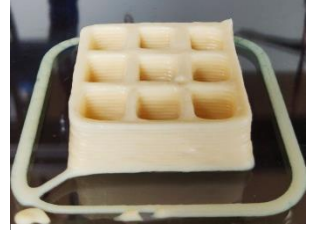
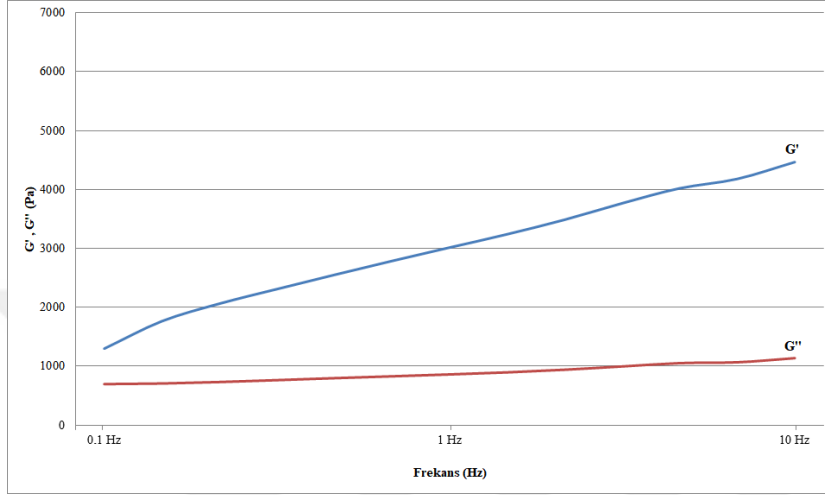
Şekil 4.12. 5 nolu deney örneğine ait G' ve G'' değerleri

0.75 gram ksantan gam, 7.5 gram mısır nişastası, 15 gram krema ve 30 gram bal içeren 15 nolu deney örneğine ait G' ve G'' değerleri Şekil 4.13'te gösterilmiştir. Kayıp tanjantı değeri 0.27'dir. Görünür viskozitesi 5.82 Pa.s'dir. Bu deney örneğinde ksantan gamın az, krema ve bal miktarının çok olması yapının kendisini yazdırılırken önceki örnekler kadar olmasa da yer yer salmasına sebebiyet vermiştir.



Şekil 4.13. 15 nolu deney örneğine ait G' ve G'' değerleri

1.54 gram ksantan gam, 2.95 gram mısır nişastası, 13.72 gram krema ve 19.18 gram bal içeren optimize deney örneğine ait G' ve G'' değerleri Şekil 4.14'te gösterilmiştir. Kayıp tanjantı değeri 0.25'dir. Görünür viskozitesi 6.69 Pa.s'dir. Bu deney örneğinde ksantan gam, mısır nişastası, krema ve bal miktarı optimum düzeydedir. Örnekler arasında en iyi baskı puanını bu örnek almıştır.



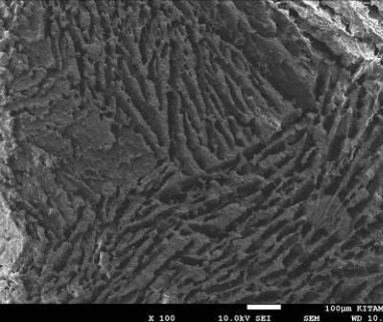
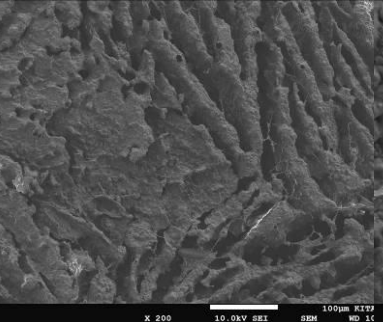
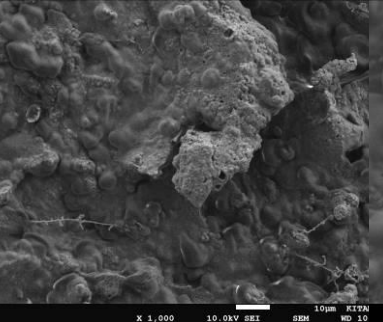
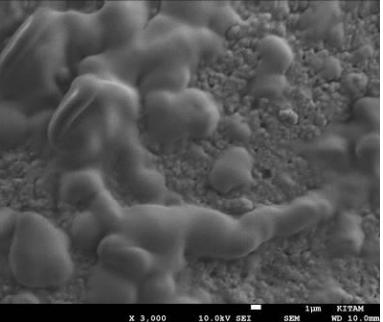
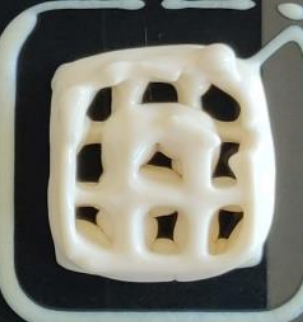
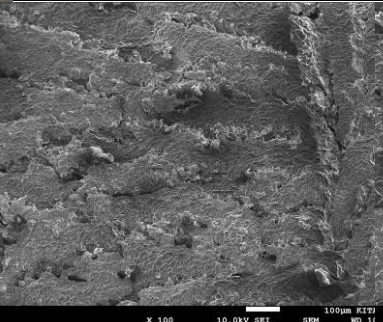
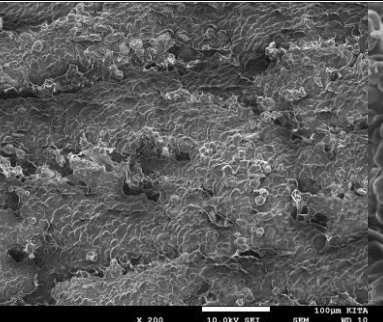
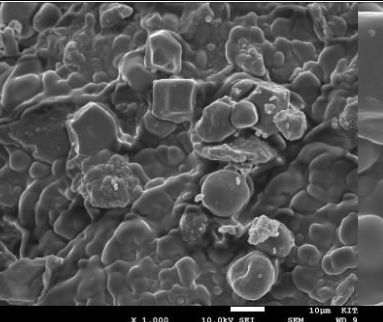
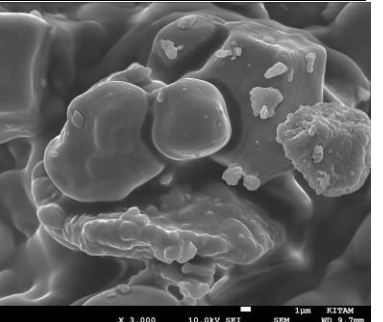
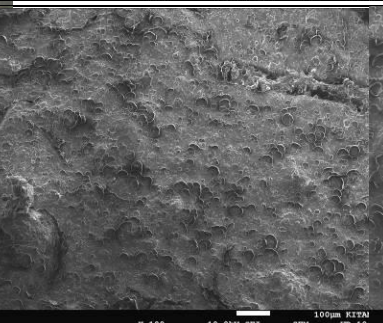
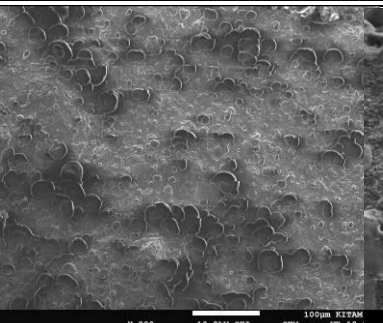
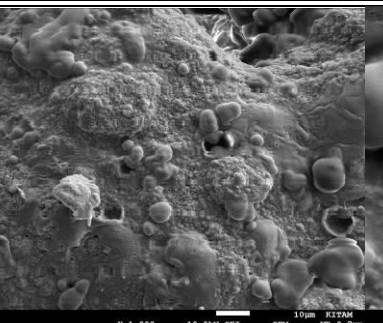
Şekil 4.14. Optimize (Z nolu) deney örneğine ait G' ve G'' değerleri

4.1.8. Mikro Yapı Görüntüleri

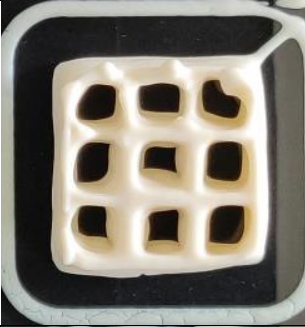
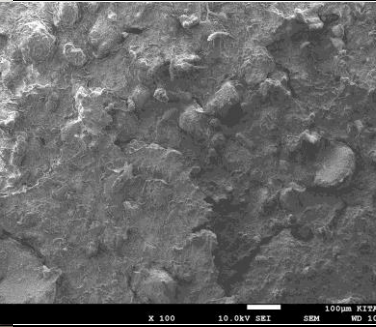
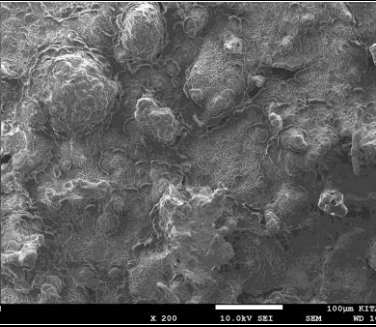
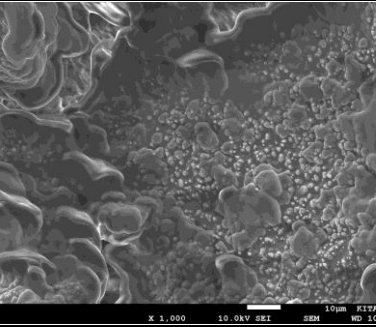
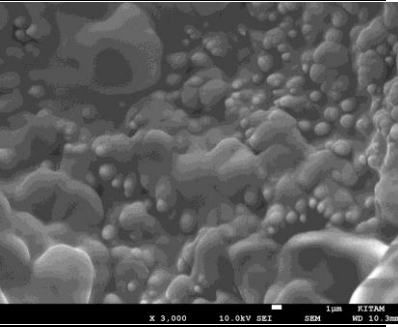
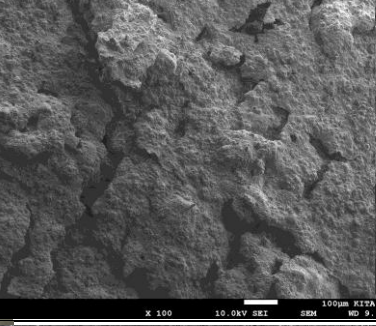
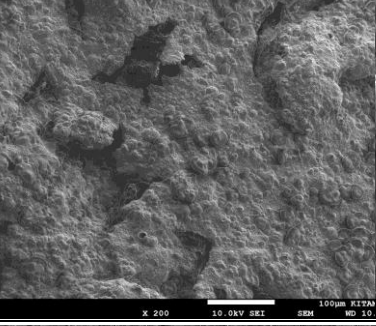
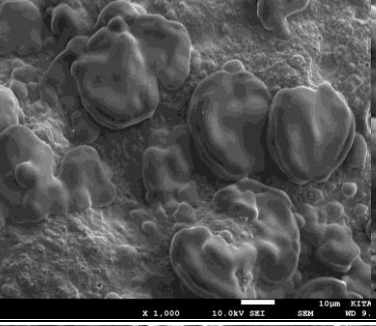
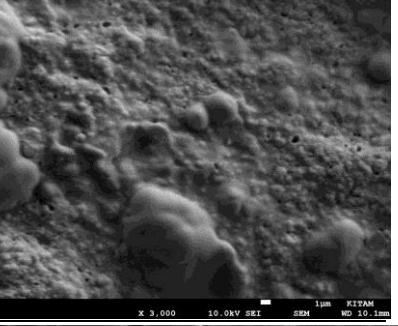
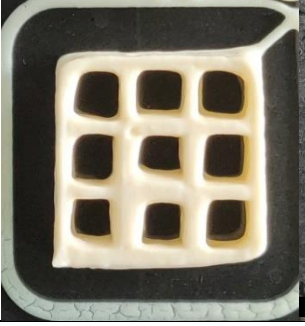
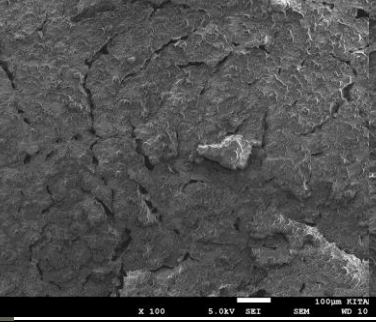
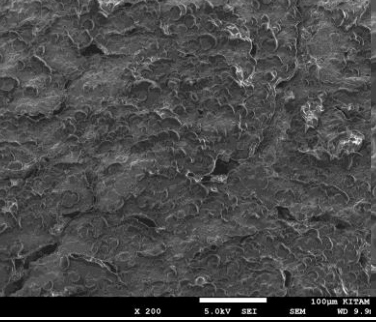
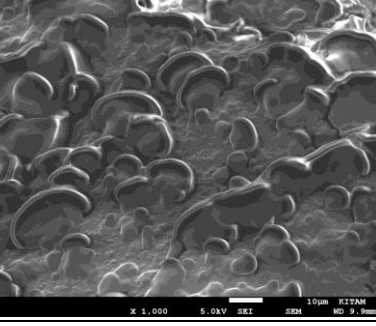
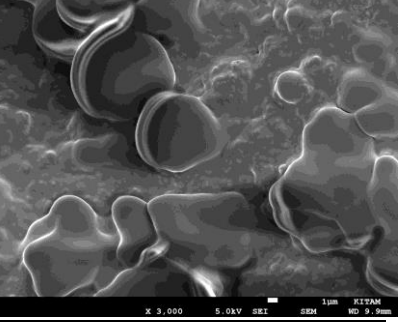
Basılabilirliğin daha iyi anlaşılabilmesi için mikro yapı görüntüleri Yöntem 3.2.10'a göre yapılmıştır. Optimizasyon kısmındaki değişiklikleri daha iyi anlayabilmek için 5, 9, 13, 15, 17 nolu deney örneklerine ve lor, lor tozu, mısır nişastası, ksantan gam bileşenlerine ait mikro yapı görüntüleri Tablo 4.8'de gösterilmiştir.

Formülasyonlardaki ana bileşen peynir altı suyundan gelen serum proteinleridir. Peynir altı suyu proteinlerinin jel oluşturabilme, emülsifiye edebilme ve stabilize etme yetenekleri yapısal özellikleri üzerine önemlidir. Peynir altı suyu proteinlerinin en yaygın şekli küreseldir. β -laktoglobulin ve α -laktalbumin genellikle küre yapıda görünmektedirler. Bu küresel yapılar çözünürlük, emülsifikasyon ve jelleşme gibi özellikler üzerine etkilidirler. Ancak lor peynirine uygulanan kurutma işlemiyle yapısal deformasyonlar meydana gelmektedir. Dolayısıyla protein birikmeleri/kümelenmeleri oluşmaktadır. Yapı küre şekillerinin yanı sıra düzensiz bir hal almaktadır. pH, sıcaklık ve kurutma koşulları bu düzensiz yapıların oluşumunu artırmaktadır. Formülasyona eklenen su, ksantan gam ve mısır nişastası; lor tozları ile birleşerek sıcaklık ve sonikasyonun da etkisiyle jelleşme ve stabil hale geçme davranışı sergilemektedir (Cui vd., 2022). Agregasyon oluşumu gözlemlenerek küçük yapıdaki proteinler birleşmiş ve daha büyük yığın kümeler oluşmuştur. Küresel ve düzensiz şekillere ek olarak, SEM görüntüleri lifli bir görünüme sahip peynir altı suyu proteinleri yapılarını ortaya çıkarmaktadırlar. Bu uzun yapılar, protein fibrillerinin oluşumuyla sonuçlanan proteinlerin denatürasyonu ve agregasyonu ile oluşabilmektedir. Lifli şekillerin varlığı, peynir altı suyu proteini bazlı ürünlerin reolojik özelliklerini, dokusunu, matriks yapısını ve diğer bileşenleri etkileyebilmektedir. Ayrıca mikro yapı görüntüleri incelendiğinde ksantan gam ve mısır nişastası oranı formülasyonda arttıkça yapıların daha sıkı, gözenekler arasındaki boşlukların daha az olduğu görülmektedir.

Tablo 4.8. Mikro yapı görüntüleri (DN: Deney No)

DN	3B Baskı	100 μ m, x 100	100 μ m, x 200	10 μ m, x 1000	1 μ m, x 3000
17					
13					
9					

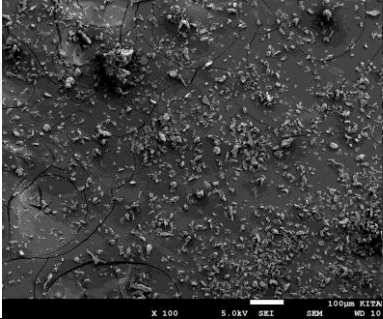
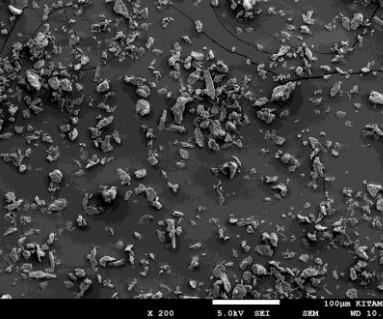
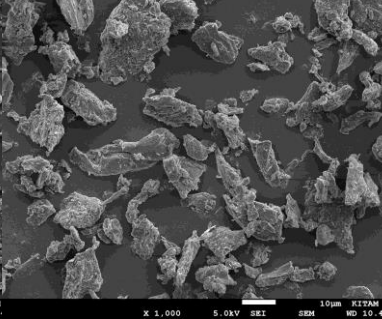
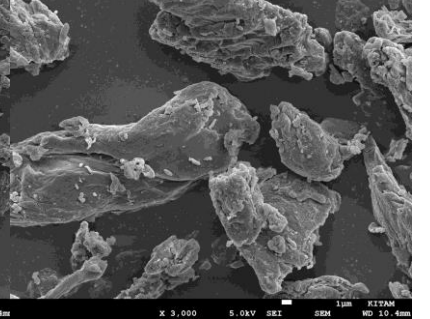
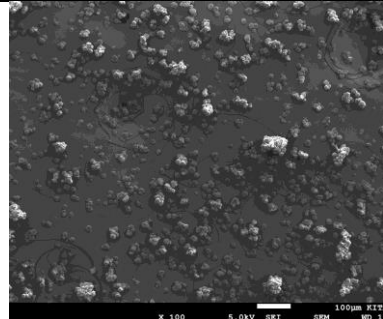
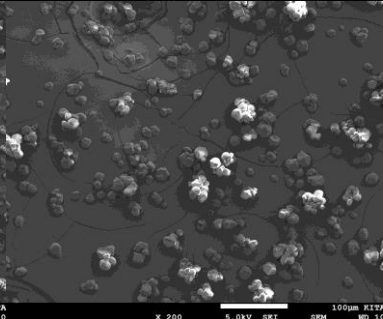
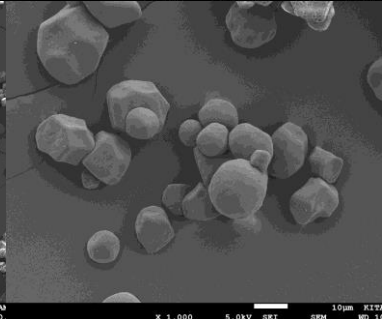
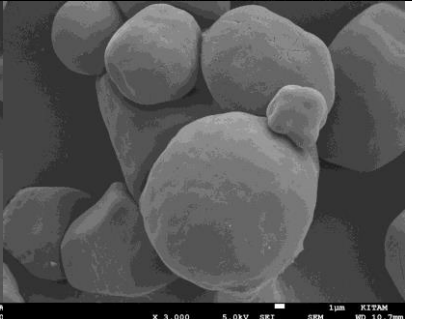
Tablo 4.8. (Devam)

DN	3B Baskı	100 µm, x 100	100 µm, x 200	10 µm, x 1000	1 µm, x 3000
5					
15					
Z					

Tablo 4.8. (Devam)

Örnek	100 µm, x 100	100 µm, x 200	10 µm, x 1000	1 µm, x 3000
Lor				
Lor Tozu				

Tablo 4.8. (Devam)

Örnek	100 µm, x 100	100 µm, x 200	10 µm, x 1000	1 µm, x 3000
Ksantan Gam				
Mısır Nişastası				

4.1.9. Optimize ve Valide Edilen Metodun Gerçek Formülasyona Uygulanması

Yanıt Yüzey Yöntemine göre optimize edilen (Tablo 4.7) değişkenler; ksantan gam 1.54 gram, mısır nişastası 2.95 gram, krema 13.72 gram ve bal 19.18 gram olarak alınmıştır. Bu optimize değerler Yöntem 3.2.4'e göre tekrar üretilmiştir. Bu sefer öncekinden farklı olarak elde edilen ekstraktlar fonksiyonelliği artırmak için formülasyona ilave edilmiştir. Meyve kabuğu ekstraktları üretim yönteminde bahsedilen mikrodalga pişirme işleminin peşine sıcaklık 50°C'ye düştükten sonra ilave edilip silikon spatül ile homojen bir şekilde karışması sağlanmıştır. Optimize ettiğimiz basılabilir formülasyonun içerisine daha önceden elde ettiğimiz nar kabuğu ekstraktı % 1.1, % 2.2 ve % 3.2 oranında, portakal kabuğu ekstraktı % 1.1, % 2.2 ve % 3.2 oranında ve ağırlıkça 1:1 oranında karıştırılmış nar ve portakal kabuğu ekstraktı da % 1.1, % 2.2 ve % 3.2 oranında ilave edilip toplamda 10 adet (1 ekstraksız + 9 ekstraktlı) örnek üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretimi gerçekleştiren formülasyonların tekstür (sürülebilirlik) analizi, viskozite ve ızgara baskısının görüntü işleme ve baskı puanı sonuçları 4.2'de verilmiştir. Aynı formülasyonlardan üretilen 3B uçak baskılarının analiz sonuçları ise 4.3'te gösterilmiştir.

4.2. Zenginleştirilmiş Fonksiyonel Lor Bazlı Formülasyonda ve Izgara Baskısında Yapılan Analiz Sonuçları

4.2.1. Reolojik özelliklerin belirlenmesi

4.2.1.1. Viskozite

Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyonların viskozite sonuçları konsantrasyona ve ekstrakt çeşidine göre Pa.s cinsinden Tablo 4.9’da verilmiştir.

Tablo 4.9. Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyonların viskozite sonuçları (Pa.s)

	N	P	NP
% 0	6.7667 ^{aB} ± 0.6580	6.7667 ^{aB} ± 0.6580	6.7667 ^{aB} ± 0.6580
% 1.1	6.5171 ^{bAB} ± 0.1932	6.0721 ^{aA} ± 0.0963	6.3013 ^{abAB} ± 0.1011
% 2.2	6.3200 ^{cAB} ± 0.1148	5.7900 ^{aA} ± 0.1905	6.0222 ^{bA} ± 0.0314
% 3.2	6.1277 ^{cA} ± 0.0617	5.5150 ^{aA} ± 0.0183	5.7350 ^{bA} ± 0.0871

*: ortalama ± standart sapma

^{a-c}: Aynı satırdaki küçük harfler ekstrakt çeşitlerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

^{A-B}: Aynı sütundaki büyük harfler ise konsantrasyonlarının karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

% 0: Kontrol Grubu (meyve kabuğu ekstraktı ilave edilmemiş örnekler), % 1.1: İçerisinde ağırlıkça % 1.1 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 2.2: İçerisinde ağırlıkça % 2.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 3.2: İçerisinde ağırlıkça % 3.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün örnekleridir.

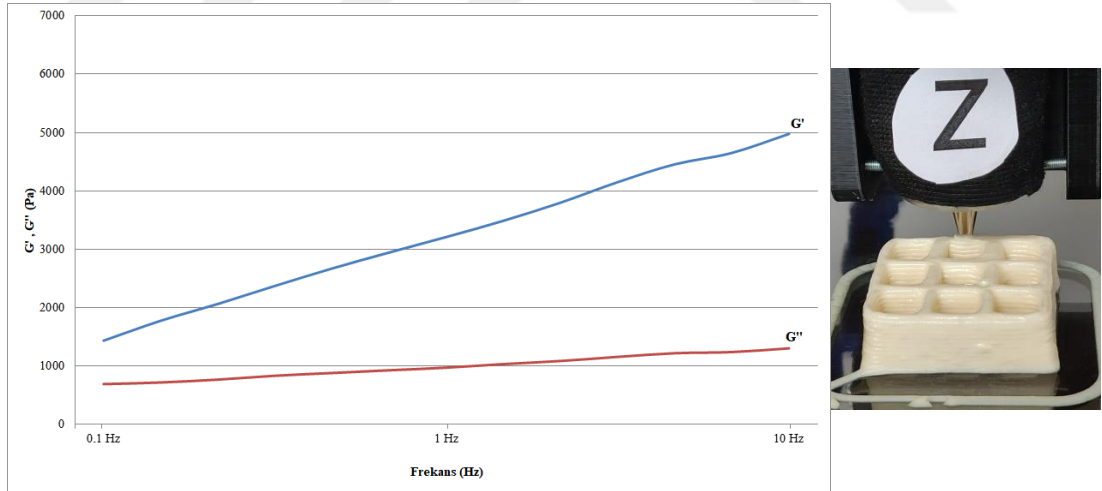
N: Nar kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, P: Portakal kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, NP: Ağırlıkça 1:1 oranında nar ve portakal kabuğu ekstraktı karıştırılarak ilave edilen ürün örnekleridir.

Viskozite üzerine nar kabuğu ekstrakt konsantrasyonunun etkisi % 1.1 ile % 3.2 arasındaki farklılık (p=0.050) hariç istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (p>0.05). Portakal kabuğu ekstrakt konsantrasyonunun etkisi % 1.1 ile % 3.2 arasındaki farklılık (p=0.001) hariç istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (p>0.05). Nar ve portakal kabuğu ekstrakt karışım konsantrasyonunun etkisi ise % 1.1 ile % 2.2 arasındaki farklılık (p=0.014), % 1.1 ile % 3.2 arasındaki farklılık (p=0.001) ve % 2.2 ile % 3.2 arasındaki farklılık (p=0.006) istatistiksel olarak önemli olup diğerleri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (p>0.05). Dolayısıyla % 1.1 ve % 2.2 konsantrasyonda ekstrakt ilavesi viskozite üzerinde önemli bir değişikliğe sebep olmaz iken konsantrasyon % 3.2’ye çıktığında önemli bir farklılık olduğu görülmektedir. % 1 ve % 2.2 olarak katıldığı düşünüldüğünde viskozite değerinde kayda değer bir farklılık gözlemlenmediği fakat konsantrasyon arttığında viskozitede azalmalar meydana geldiği görülmektedir.

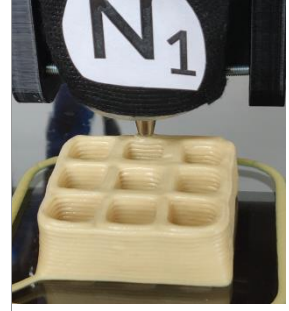
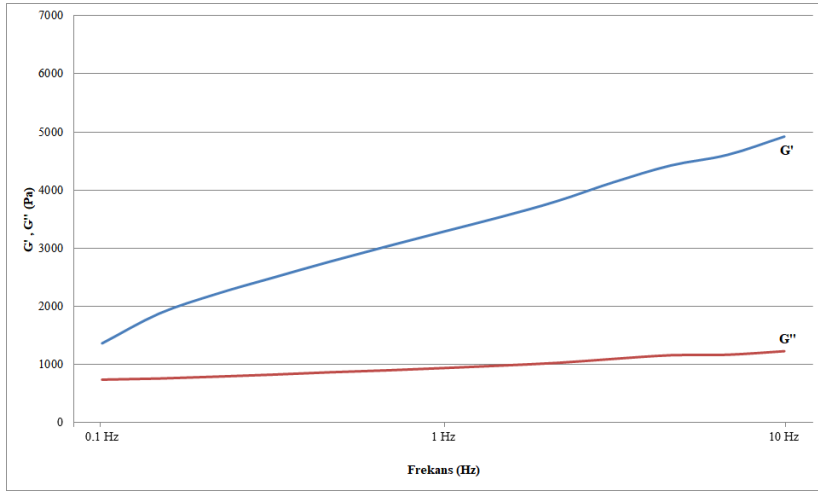
Viskozite üzerine % 1.1 konsantrasyondaki N ve P örneği arasındaki fark istatistiksel olarak önemli olup ($p=0.001$) diğerleri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). % 2.2 ve % 3.2 konsantrasyondaki her ekstrakt çeşidinin etkisi ise istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Nar kabuğu ekstraktının ölçülen ortalama viskozite değeri 0.05 Pa.s, portakal kabuğu ekstraktının ölçülen ortalama viskozite değeri 0.21 Pa.s, nar ve portakal kabuğu ekstrakt karışımının ölçülen ortalama viskozite değeri ise 0.10 Pa.s olarak bulunmuştur. Ekstraktlar arasında konsantrasyon arttıkça en fazla P örneklerinin viskozitesinin azaldığı görülürken bunu sırasıyla NP ve N örnekleri takip etmektedir. Örnekler içerisinde % 0 (Kontrol) örneğinde viskozite değeri 6.7667 Pa.s ile en yüksekken, % 3.2 konsantrasyonlu P örneğinde 5.5150 Pa.s ile en düşüktür.

4.2.1.2. Dinamik Viskoelastik Yapı

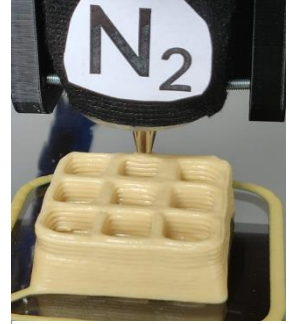
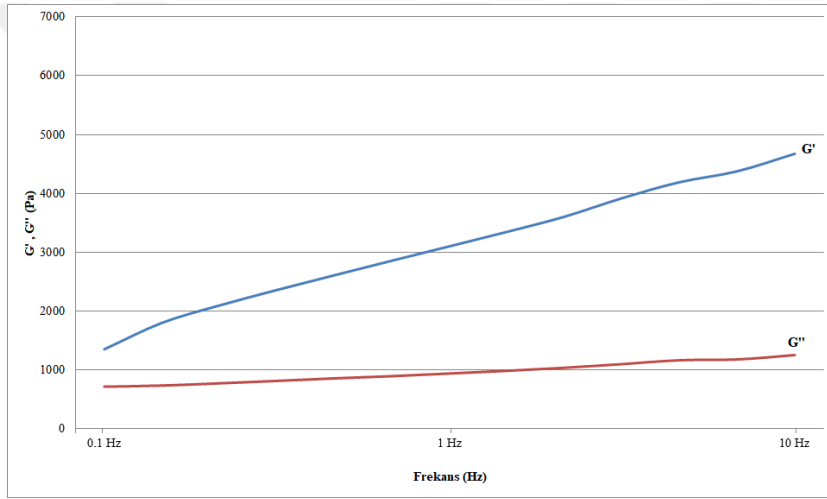
10 adet zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı karışımların viskoelastik yapıları benzer bulunmuştur. Ekstraktlı karışımlar arasında bir fark bulunmadığı ancak konsantrasyon miktarı % 3.2'ye çıkarıldığında karışımların elastik yapısının azalmaya başladığı gözlemlenmektedir.



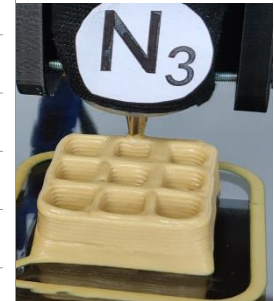
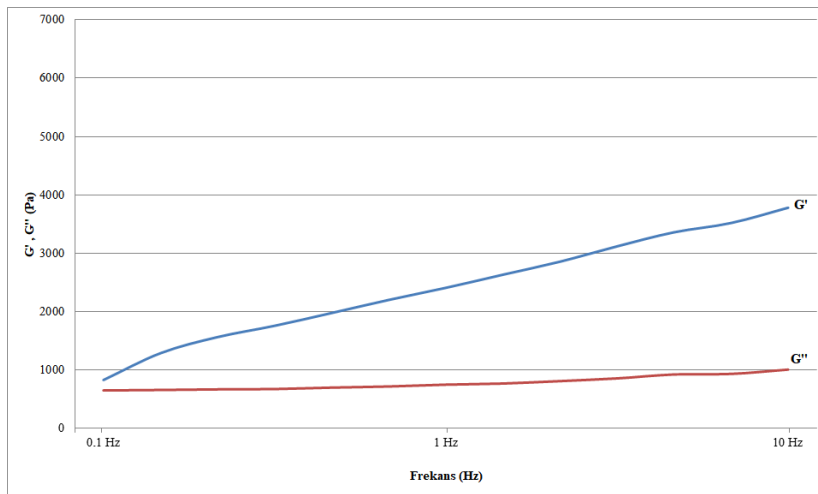
Şekil 4.15. % 0 (Z, ekstraksız) formülasyona ait G' ve G'' değerleri



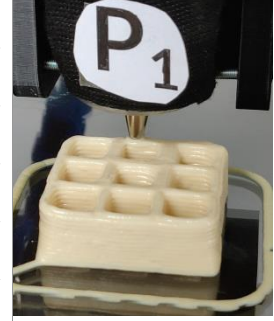
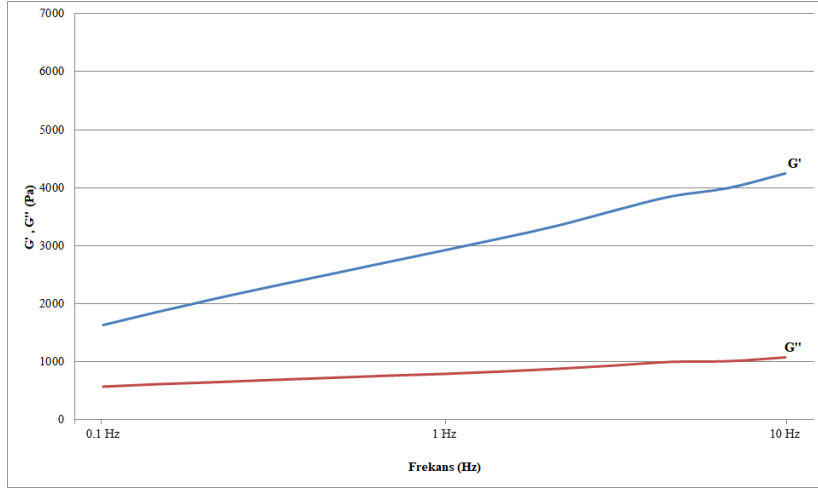
Şekil 4.16. % 1.1 Nar kabuğu ekstraktı ilaveli (N_1) formülasyona ait G' ve G'' değerleri



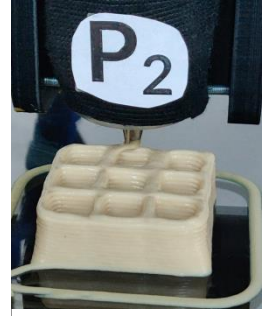
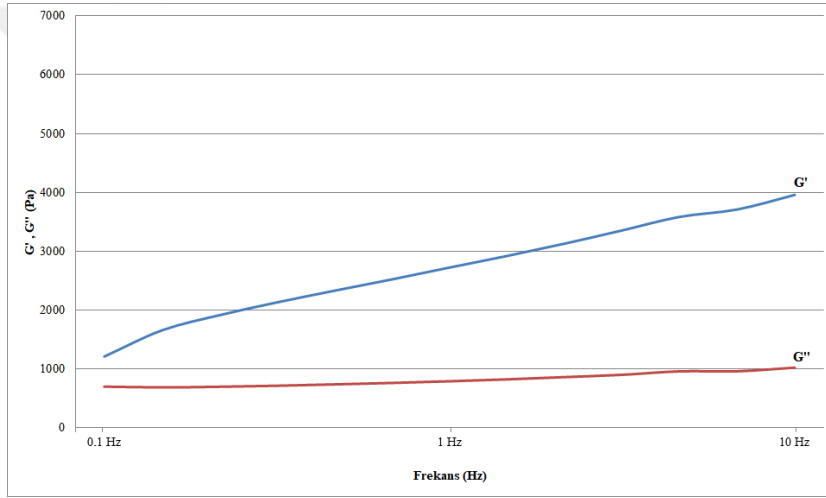
Şekil 4.17. % 2.2 Nar kabuğu ekstraktı ilaveli (N_2) formülasyona ait G' ve G'' değerleri



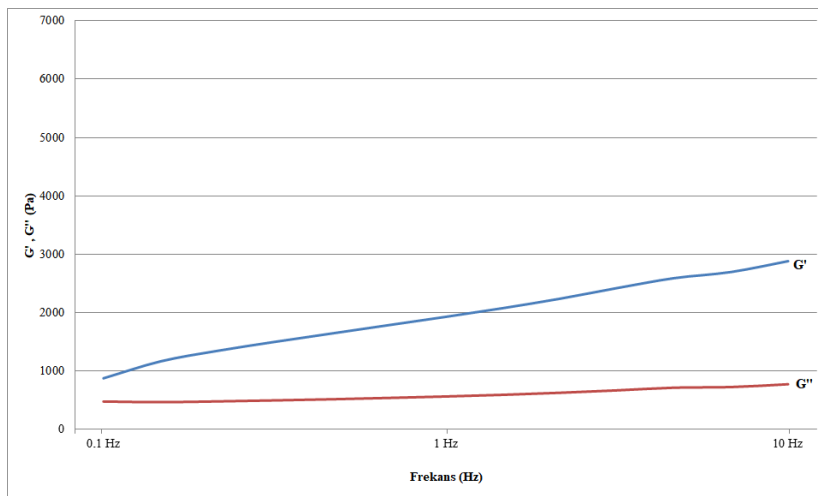
Şekil 4.18. % 3.2 Nar kabuğu ekstraktı ilaveli (N_3) formülasyona ait G' ve G'' değerleri



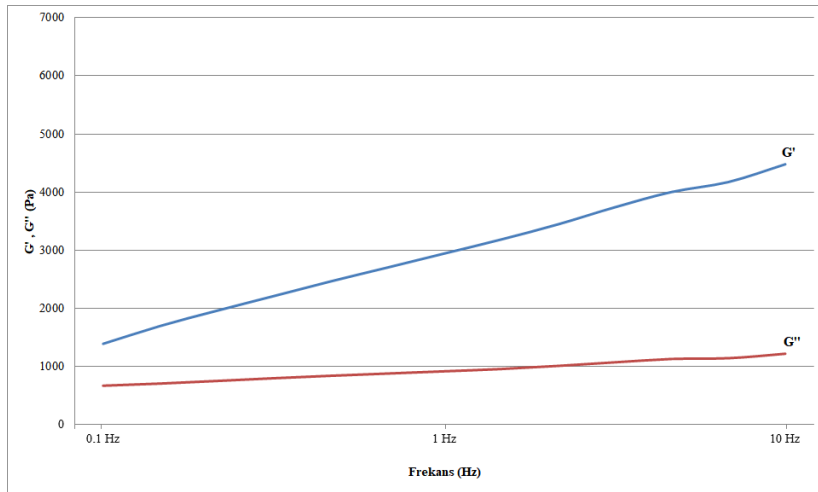
Şekil 4.19. % 1.1 Portakal kabuğu ekstraktı ilaveli (P_1) formülasyona ait G' ve G'' değerleri



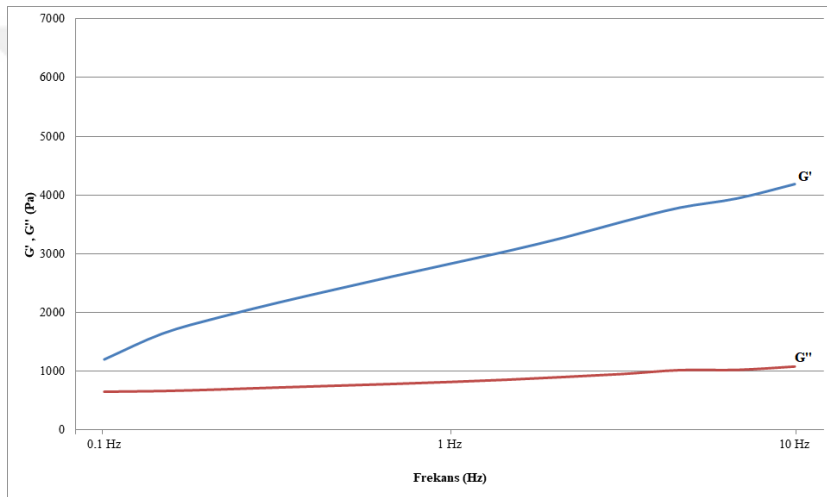
Şekil 4.20. % 2.2 Portakal kabuğu ekstraktı ilaveli (P_2) formülasyona ait G' ve G'' değerleri



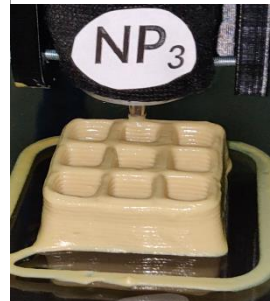
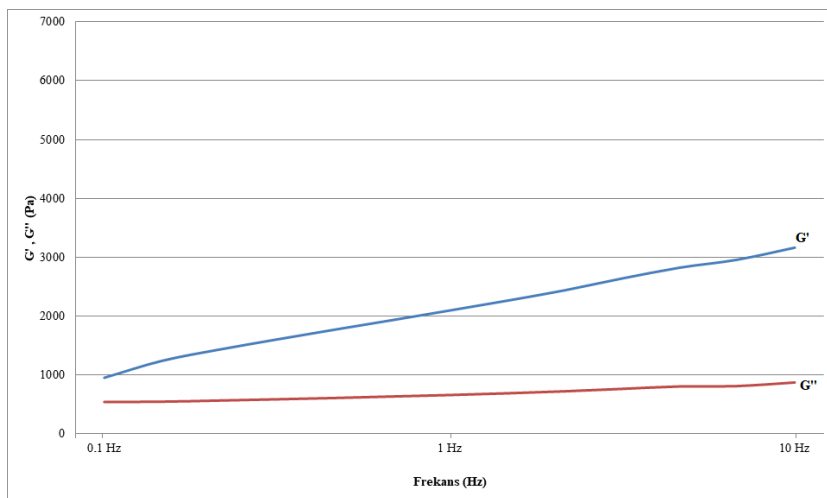
Şekil 4.21. % 3.2 Portakal kabuğu ekstraktı ilaveli (P_3) formülasyona ait G' ve G'' değerleri



Şekil 4.22. % 1.1 Nar + Portakal kabuğu ekstraktı ilaveli (NP₁) formülasyona ait G' ve G'' değerleri



Şekil 4.23. % 2.2 Nar + Portakal kabuğu ekstraktı ilaveli (NP₂) formülasyona ait G' ve G'' değerleri



Şekil 4.24. % 3.2 Nar + Portakal kabuğu ekstraktı ilaveli (NP₃) formülasyona ait G' ve G'' değerleri

4.2.2. Tekstür Analizi

Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyonların Sıkılık sonuçları konsantrasyona ve ekstrakt çeşidine göre g cinsinden Tablo 4.10’da verilmiştir.

Tablo 4.10. Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyonların Sıkılık sonuçları (g)

	N	P	NP
% 0	1166.4183 ^{aC} ± 3.6132	1166.4183 ^{aC} ± 3.6132	1166.4183 ^{aA} ± 3.6132
% 1.1	1132.9501 ^{bBC} ± 56.3648	1013.7731 ^{aB} ± 58.2702	1154.5657 ^{bA} ± 38.4994
% 2.2	1080.3520 ^{aB} ± 32.0144	983.3865 ^{aAB} ± 92.6386	1335.4304 ^{bB} ± 172.7782
% 3.2	912.9140 ^{aA} ± 39.0591	910.8079 ^{aA} ± 27.4669	1110.0043 ^{bA} ± 39.5223

*: ortalama ± standart sapma

^{a-b}: Aynı satırdaki küçük harfler ekstrakt çeşitlerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

^{A-C}: Aynı sütundaki büyük harfler ise konsantrasyonlarının karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

% 0: Kontrol Grubu (meyve kabuğu ekstraktı ilave edilmemiş örnekler), % 1.1: İçerisinde ağırlıkça % 1.1 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 2.2: İçerisinde ağırlıkça % 2.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 3.2: İçerisinde ağırlıkça % 3.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün örnekleridir.

N: Nar kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, P: Portakal kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, NP: Ağırlıkça 1:1 oranında nar ve portakal kabuğu ekstraktı karıştırılarak ilave edilen ürün örnekleridir.

Sıkılık üzerine nar kabuğu ekstrakt konsantrasyonunun etkisi % 0 (Kontrol) ile % 1.1 arasındaki farklılık (p=0.829) ve % 1.1 ile % 2.2 arasındaki farklılık (p=0.526) hariç istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). Portakal kabuğu ekstrakt konsantrasyonunun etkisi % 0 (Kontrol) ile % 1.1 arasındaki farklılık (p=0.025) ve % 0 (Kontrol) ile % 3.2 arasındaki farklılık (p=0.001) hariç istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (p>0.05). Nar ve portakal kabuğu ekstrakt karışımının her konsantrasyonunun etkisi ise istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (p>0.05).

Sıkılık üzerine % 1.1 konsantrasyondaki N ve NP örneği arasındaki fark istatistiksel olarak önemli olmayıp (p=0.791) diğerleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). % 2.2 ve % 3.2 konsantrasyonlarındaki N ve P örneği arasındaki fark istatistiksel olarak önemli olmayıp (p>0.05) diğerleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05).

En yüksek sıkılık değeri 1335.4304 g ile NP₂, en düşük sıkılık değeri ise 912.9140 g ile N₃ ve 910.8079 g ile P₃ örneğinde gözlemlenmiştir. Nar kabuğu ekstraktı ilavesi sıkılık değerini azaltmıştır. Ekstrakt ilavesinin daha gevşek ve daha yumuşak bir tekstür oluşturduğunu göstermiştir. Portakal kabuğu ekstraktı ilavesi konsantrasyona bağlı olarak sıkılık değerini azaltmıştır. Portakal kabuğu ekstraktının

da karışımın daha gevşek ve daha yumuşak bir dokuya sahip olmasına katkıda bulunduğu söylenebilir. Karışık nar-portakal kabuğu ekstraktı ilavesi ise sıklık değerini diğerlerine göre nispeten artırmıştır. Karışık ekstrakt ilavesinin diğerlerine göre, karışımın daha sıkı ve daha katı bir tekstüre sahip olmasını sağladığı düşünülebilir.

Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyonların Sürülebilirlik sonuçları konsantrasyona ve ekstrakt çeşidine göre g.s cinsinden Tablo 4.11’de verilmiştir.

Tablo 4.11. Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyonların Sürülebilirlik sonuçları (g.s)

	N	P	NP
% 0	899.2873 ^{aC} ± 3.1898	899.2873 ^{aC} ± 3.1898	899.2873 ^{aB} ± 3.1898
% 1.1	862.0117 ^{bC} ± 38.2437	772.9874 ^{aB} ± 27.5413	889.2297 ^{bB} ± 23.2114
% 2.2	806.5341 ^{bB} ± 13.2112	729.6823 ^{aB} ± 54.0457	970.8411 ^{cC} ± 27.1248
% 3.2	696.9256 ^{aA} ± 23.3097	687.4676 ^{aA} ± 22.2477	833.2216 ^{bA} ± 19.9767

*: ortalama ± standart sapma

^{a-c}: Aynı satırdaki küçük harfler ekstrakt çeşitlerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

^{A-C}: Aynı sütundaki büyük harfler ise konsantrasyonlarının karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

% 0: Kontrol Grubu (meyve kabuğu ekstraktı ilave edilmemiş örnekler), % 1.1: İçerisinde ağırlıkça % 1.1 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 2.2: İçerisinde ağırlıkça % 2.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 3.2: İçerisinde ağırlıkça % 3.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün örnekleridir.

N: Nar kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, P: Portakal kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, NP: Ağırlıkça 1:1 oranında nar ve portakal kabuğu ekstraktı karıştırılarak ilave edilen ürün örnekleridir.

Sürülebilirlik üzerine nar kabuğu ekstrakt konsantrasyonunun etkisi % 0 (Kontrol) ile % 1.1 arasındaki farklılık (p=0.449) ve % 1.1 ile % 2.2 arasındaki farklılık (p=0.158) hariç istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). Portakal kabuğu ekstrakt konsantrasyonunun etkisi % 1.1 ile % 2.2 arasındaki farklılık (p=0.654) ve % 2.2 ile % 3.2 arasındaki farklılık (p=0.658) hariç istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). Nar ve portakal kabuğu ekstrakt karışımının % 0 (Kontrol) ile % 1.1 konsantrasyonları arasındaki farklılık (p=0.948) hariç diğerleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05).

Sürülebilirlik üzerine % 1.1 konsantrasyondaki N ve NP örneği arasındaki fark istatistiksel olarak önemli olmayıp ($p=0.363$) diğerleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). % 2.2 ve % 3.2 konsantrasyonlarındaki N ve P örneği arasındaki fark istatistiksel olarak önemli olmayıp ($p>0.05$) diğerleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

En yüksek sürülebilirlik değeri 970.8411 g.s ile NP₂, en düşük sürülebilirlik değeri ise 696.9256 g.s ile N₃ ve 687.4676 g.s ile P₃ örneği tespit edilmiştir. Nar kabuğu ekstraktı ilavesi sürülebilirlik değerini azaltmıştır. Ekstrakt ilavesinin daha akışkan bir uygulama sağladığını göstermiştir. Portakal kabuğu ekstraktı ilavesi sürülebilirlik değerini azaltmıştır. Portakal kabuğu ekstraktının da karışımın daha zor bir şekilde baskı uygulamasına katkıda bulunduğunu göstermiştir. Karışık nar-portakal kabuğu ekstraktı ilavesi sürülebilirlik değerini diğerlerine göre artırmıştır. Karışık ekstrakt ilavesinin karışımın daha kolay ve daha pürüzsüz bir şekilde nozülünden akış sağladığını göstermiştir. Ancak konsantrasyonun artması baskı sonrası modelde kısmi çökmeler yaşanmasına sebebiyet vermiştir.

Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyonların Yapışkanlık sonuçları konsantrasyona ve ekstrakt çeşidine göre g cinsinden Tablo 4.12’de verilmiştir.

Tablo 4.12. Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyonların Yapışkanlık sonuçları (g)

	N	P	NP
% 0	-1232.4619 ^{aA} ± 1.7137	-1232.4619 ^{aA} ± 1.7137	-1232.4619 ^{aBC} ± 1.7137
% 1.1	-1257.6279 ^{aA} ± 51.9898	-1150.1040 ^{bAB} ± 67.0741	-1284.7445 ^{aB} ± 41.0822
% 2.2	-1208.5909 ^{bA} ± 25.6073	-1119.1771 ^{bB} ± 96.9987	-1377.3869 ^{aA} ± 41.5290
% 3.2	-1033.3658 ^{bB} ± 42.4512	-1054.5796 ^{bB} ± 32.5218	-1213.7870 ^{aC} ± 44.0689

*: ortalama ± standart sapma

^{a,b}: Aynı satırdaki küçük harfler ekstrakt çeşitlerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

^{A-C}: Aynı sütundaki büyük harfler ise konsantrasyonlarının karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

% 0: Kontrol Grubu (meyve kabuğu ekstraktı ilave edilmemiş örnekler), % 1.1: İçerisinde ağırlıkça % 1.1 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 2.2: İçerisinde ağırlıkça % 2.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 3.2: İçerisinde ağırlıkça % 3.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün örnekleridir.

N: Nar kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, P: Portakal kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, NP: Ağırlıkça 1:1 oranında nar ve portakal kabuğu ekstraktı karıştırılarak ilave edilen ürün örnekleridir.

Yapışkanlık üzerine nar kabuğu ekstrakt konsantrasyonunun etkisi % 0 (Kontrol) ile % 3.2 arasındaki farklılık ($p=0.003$), % 1.1 ile % 3.2 arasındaki farklılık ($p=0.001$) ve % 2.2 ile % 3.2 arasındaki farklılık ($p=0.001$) hariç diğerleri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Portakal kabuğu ekstrakt konsantrasyonunun etkisi % 0 (Kontrol) ile % 3.2 arasındaki farklılık ($p=0.001$) hariç istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Nar ve portakal kabuğu ekstrakt karışımının her konsantrasyonunun etkisi ise % 0 (Kontrol) ile % 2.2 arasındaki farklılık ($p=0.009$), % 1.1 ile % 2.2 arasındaki farklılık ($p=0.044$) ve % 2.2 ile % 3.2 arasındaki farklılık ($p=0.002$) hariç diğerleri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$).

Yapışkanlık üzerine % 1.1 konsantrasyondaki N ve NP örneği arasındaki fark istatistiksel olarak önemli olmayıp ($p=0.717$) diğerleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). % 2.2 ve % 3.2 konsantrasyonlarındaki N ve P örneği arasındaki fark istatistiksel olarak önemli olmayıp ($p>0.05$) diğerleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

En yüksek yapışkanlık değeri -1377.3869 g ile NP₂, en düşük yapışkanlık değeri ise -1033.3658 g ile N₃ örneğinde tespit edilmiştir. Nar kabuğu ekstraktı ilavesi yapışkanlık değerini azaltmıştır. Ekstrakt ilavesinin daha az yapışkan bir yapışma özelliği sağladığını göstermiştir. Portakal kabuğu ekstraktı ilavesi yapışkanlık değerini daha düşük bir şekilde azaltmıştır. Dolayısıyla portakal kabuğu ekstraktının da karışımın daha az yapışkan bir yapışma özelliği sergilemesine katkıda bulunduğunu göstermiştir. Karışık nar-portakal kabuğu ekstraktı ilavesi diğerlerine göre yapışkanlık değerini artırmıştır. Karışık ekstrakt ilavesinin karışımın daha yapışkan bir özellik sergilemesini sağladığı düşünülebilir.

Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyonların Tutunabilirlik sonuçları konsantrasyona ve ekstrakt çeşidine göre g.s cinsinden Tablo 4.13'te verilmiştir.

Tablo 4.13. Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyonların Tutunabilirlik sonuçları (g.s)

	N	P	NP
% 0	-254.4492 ^{aB} ± 3.7572	-254.4492 ^{aB} ± 3.7572	-254.4492 ^{aA} ± 3.7572
% 1.1	-302.1887 ^{aA} ± 12.7973	-275.2421 ^{aA} ± 11.8573	-284.4861 ^{aA} ± 22.0706
% 2.2	-284.6988 ^{aA} ± 1.6904	-254.1657 ^{aB} ± 11.0122	-280.5965 ^{aA} ± 40.4259
% 3.2	-226.4719 ^{bB} ± 28.1089	-242.8395 ^{abB} ± 15.2454	-267.3834 ^{aA} ± 9.5126

*: ortalama ± standart sapma

^{a-b}: Aynı satırdaki küçük harfler ekstrakt çeşitlerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

^{A-B}: Aynı sütundaki büyük harfler ise konsantrasyonlarının karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

% 0: Kontrol Grubu (meyve kabuğu ekstraktı ilave edilmemiş örnekler), % 1.1: İçerisinde ağırlıkça % 1.1 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 2.2: İçerisinde ağırlıkça % 2.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 3.2: İçerisinde ağırlıkça % 3.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün örnekleridir.

N: Nar kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, P: Portakal kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, NP: Ağırlıkça 1:1 oranında nar ve portakal kabuğu ekstraktı karıştırılarak ilave edilen ürün örnekleridir.

Tutunabilirlik üzerine nar kabuğu ekstrakt konsantrasyonunun etkisi % 0 (Kontrol) ile % 1.1 arasındaki farklılık (p=0.004), % 0 (Kontrol) ile % 2.2 arasındaki farklılık (p=0.001) ve % 1.1 ile % 3.2 arasındaki farklılık (p=0.012) hariç istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (p>0.05). Portakal kabuğu ekstrakt konsantrasyonunun etkisi % 0 (Kontrol) ile % 1.1 arasındaki farklılık (p=0.045), % 1 ile % 2.2 arasındaki farklılık (p=0.042) ve % 1 ile % 3.2 arasındaki farklılık (p=0.002) hariç istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (p>0.05). Nar ve portakal kabuğu ekstrakt karışımının her konsantrasyonundaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (p>0.05).

Tutunabilirlik üzerine % 2.2 konsantrasyonundaki N ve P örnekleri arasındaki farklılık hariç (p=0.009) diğer tüm örnekler istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (p>0.05).

En yüksek tutunabilirlik değeri -302.1887 g.s ile N₁, en düşük tutunabilirlik değeri ise -226.4719 g.s ile N₃ örneğinde tespit edilmiştir. Nar kabuğu ekstraktı ilavesi tutunabilirlik değerini artırmıştır. Ekstrakt ilavesinin daha iyi bir yapışma ve tutunma özelliği sağladığını göstermiştir. Portakal kabuğu ekstraktı ilavesi tutunabilirlik değerini artırmıştır. Portakal kabuğu ekstraktının da karışımın daha iyi bir yapışma ve tutunma özelliği sergilemesine katkıda bulunduğunu göstermiştir.

Karışık nar-portakal kabuğu ekstraktı ilavesi tutunabilirlik değerini artırma eğilimi göstermiştir. Karışık ekstrakt ilavesinin karışımın daha iyi bir yapışma ve tutunma özelliği sergilemesini sağladığını ancak konsantrasyon arttıkça (özellikle % 3.2) bu özelliğin yitirildiğini göstermiştir.

4.2.3. Görüntü İşleme (ImageJ)

Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyonun ızgara baskısında görüntü işleme (ImageJ) sonuçları konsantrasyona ve ekstrakt çeşidine göre Tablo 4.14'te verilmiştir.

Tablo 4.14. Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyonun ızgara baskısında görüntü işleme (ImageJ) sonuçları

	N	P	NP
% 0	31.3793 ^{aD} ± 0.1140	31.3793 ^{aC} ± 0.1140	31.3793 ^{aD} ± 0.1140
% 1.1	30.4836 ^{bC} ± 0.3116	30.4508 ^{bB} ± 0.4213	28.7286 ^{aC} ± 0.1237
% 2.2	29.4362 ^{bB} ± 0.3636	28.0627 ^{aA} ± 0.5302	28.0893 ^{aB} ± 0.0613
% 3.2	24.8937 ^{bA} ± 0.1633	27.7497 ^{cA} ± 0.0762	24.1131 ^{aA} ± 0.5112

*: ortalama ± standart sapma

^{a-c}: Aynı satırdaki küçük harfler ekstrakt çeşitlerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

^{A-D}: Aynı sütundaki büyük harfler ise konsantrasyonlarının karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

% 0: Kontrol Grubu (meyve kabuğu ekstraktı ilave edilmemiş örnekler), % 1.1: İçerisinde ağırlıkça % 1.1 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 2.2: İçerisinde ağırlıkça % 2.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 3.2: İçerisinde ağırlıkça % 3.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün örnekleridir.

N: Nar kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, P: Portakal kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, NP: Ağırlıkça 1:1 oranında nar ve portakal kabuğu ekstraktı karıştırılarak ilave edilen ürün örnekleridir.

Görüntü işleme (ImageJ) üzerine her meyve kabuk ekstrakt konsantrasyonlarının etkisi % 2.2 ile % 3.2 portakal kabuğu ekstraktlı konsantrasyonlar arasındaki farklılık (p=0.498) hariç diğer bütün konsantrasyonlar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05).

Görüntü işleme (ImageJ) üzerine % 1.1 konsantrasyondaki N ve P örneği arasındaki fark istatistiksel olarak önemli olmayıp (p=0.985) diğerleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). % 2.2 konsantrasyondaki P ve NP örneği arasındaki fark istatistiksel olarak önemli olmayıp (p=0.993) diğerleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). % 3.2 konsantrasyonlarındaki N ve NP örneği arasındaki fark istatistiksel olarak önemli olmayıp (p=0.070) diğerleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05).

En yüksek görüntü işleme değeri 31.3793 ile Z, en düşük görüntü işleme değeri ise 24.1131 ile NP₃ örneğinde tespit edilmiştir. Nar kabuğu ekstraktı ilavesi görüntü işleme değerini azaltmıştır. Ekstrakt ilavesinin daha düşük bir görüntü işleme kalitesi sağladığını göstermiştir. Portakal kabuğu ekstraktı ilavesi görüntü işleme değerini kısmen azaltmıştır. Portakal kabuğu ekstraktının da karışımın daha düşük bir görüntü işleme kalitesi sergilemesine katkıda bulunduğunu göstermiştir. Karışık nar-portakal kabuğu ekstraktı ilavesi ise görüntü işleme değerini bilhassa % 3.2 konsantrasyonda bariz bir şekilde azaltmıştır.

4.2.4. Baskı Puanı (Printing Score)

10 adet zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyonların baskı puanları Yöntem 3.2.6.4'e göre yapılmıştır. Sonuçlar Tablo 4.15'te gösterilmiştir.

Tablo 4.15. Baskı puanı (printing score) sonuçları

	N	P	NP
% 0	90 ^{2,8}	90 ^{2,8}	90 ^{2,8}
% 1.1	90 ^{2,8}	95 ⁸	85 ^{4,6}
% 2.2	85 ^{2,6,8}	90 ^{6,7}	85 ^{4,6}
% 3.2	70 ^{1,4,5}	85 ^{2,6,7}	65 ^{1,3,5}

¹: Hafif salmış ve çökmüş yapı (-10 puan)

²: Katmanlar hafif belirgin (-5 puan)

³: 7'den fazla karede taşkınlıklar görülüyor. (-15 puan)

⁴: 3-7 karede taşkınlıklar görülüyor. (-10 puan)

⁵: Katmanlar baskı sırasında üst üste birikiyor fakat kısa süre sonra içiçe geçiyor. (-10 puan)

⁶: Her yerde olmasa da bazı bölgelerde salan ve çöken yapı (-5 puan)

⁷: 2'den az karede pütürlü, tırtıklı ve homojen olmayan yapı (-5 puan)

⁸: Hafif mat görünüş ve az çatlaklar mevcut (-5 puan)

Portakal kabuğu ekstraktlı karışımlar diğer karışımlara kıyasla az da olsa daha yüksek puanlar almışlardır. Ekstrakt tiplerinin baskı puanına pek fazla etkisi bulunmaz iken konsantrasyonların etkisi (özellikle % 3.2 konsantrasyon) daha fazla etkili bulunmuştur.

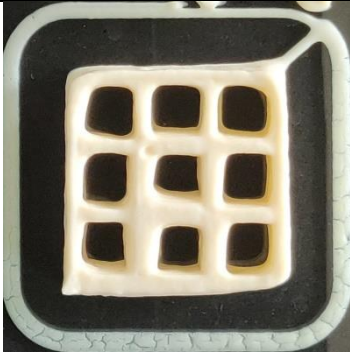
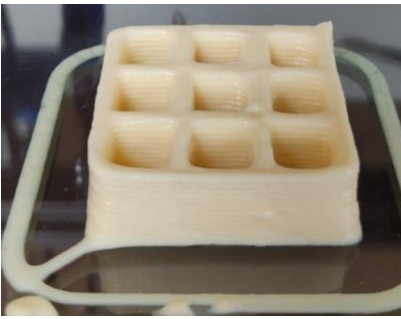
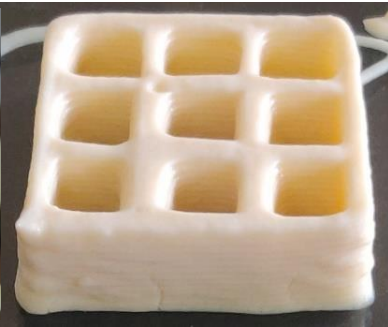
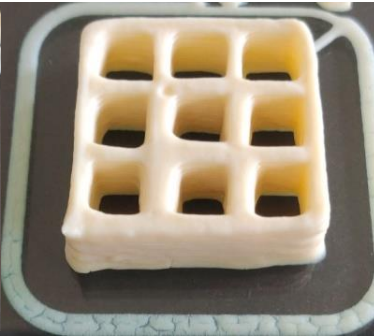
Zenginleştirilmiş optimize lor bazlı formülasyonun ve ekstrakt ilaveli formülasyonların ızgara baskılarının görüntüleri ve video kayıtları Tablo 4.16, Tablo 4.17, Tablo 4.18 ve Tablo 4.19'da gösterilmiştir. Baskıların her biri 16 dakika 40 saniyede tamamlanmıştır.

En yüksek baskı puanı değeri 95 ile P_1 , en düşük baskı puanı değeri ise 65 ile NP_3 örneğinde tespit edilmiştir. Nar kabuğu ekstraktı ilavesi baskı puanı değerini azaltmıştır. Ekstrakt ilavesinin baskı sonrası daha düşük bir kaliteye yol açtığını göstermiştir. Portakal kabuğu ekstraktı ilavesi baskı puanı değerini konsantrasyona bağlı olarak önce artırmış daha sonra kısmi olarak azaltmıştır. Dolayısıyla portakal kabuğu ekstraktının karışımın daha yüksek bir baskı kalitesine sahip olmasını sağladığını göstermiştir. Karışık nar-portakal kabuğu ekstraktı ilavesi baskı puanını azaltmıştır. Karışık ekstrakt ilavesinin (özellikle % 3.2 konsantrasyonda) karışımın daha düşük bir kaliteye sahip olmasını sağladığını göstermiştir.

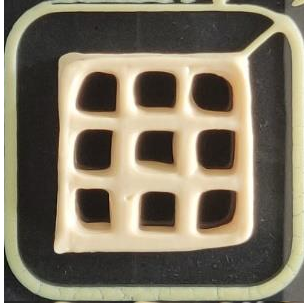
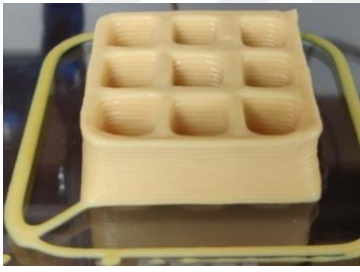
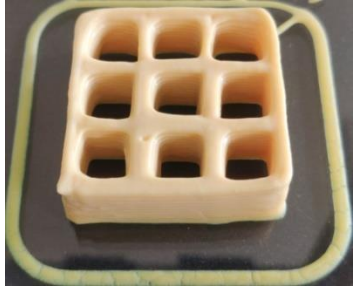
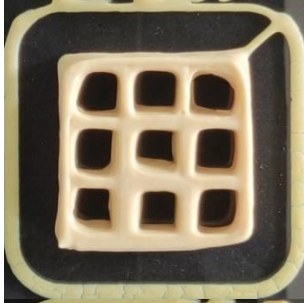
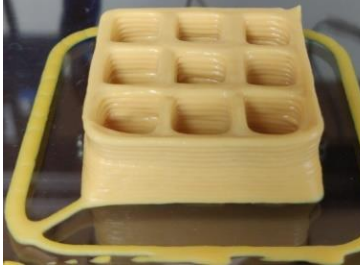
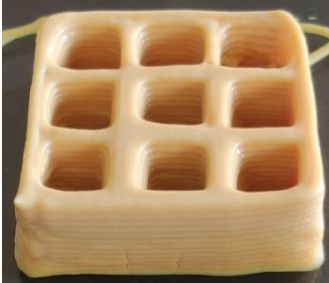




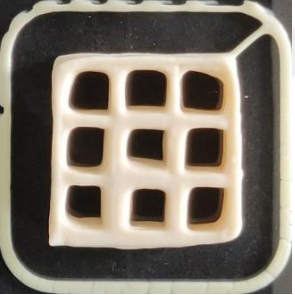
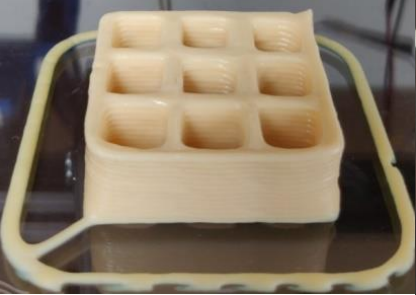
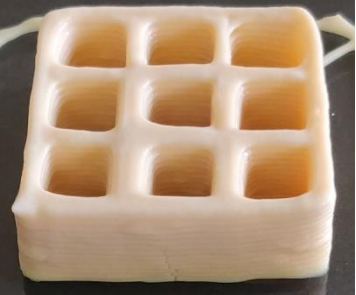
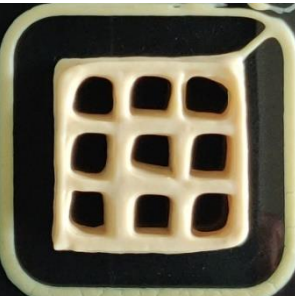
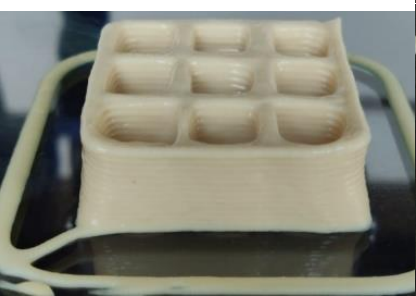
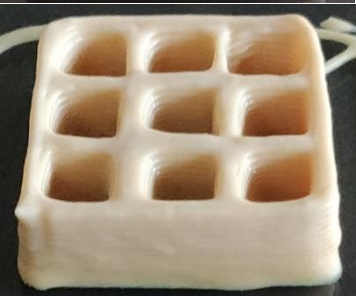
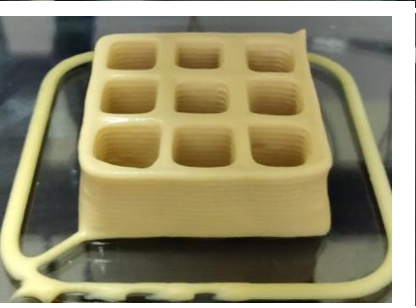
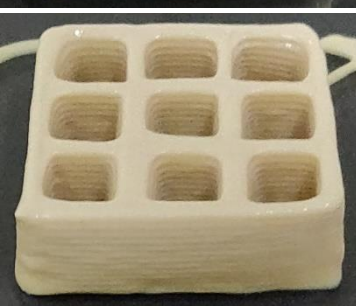
Tablo 4.16. Zenginleştirilmiş lor bazlı formülasyonun (ekstraktsız, kontrol) ızgara baskısının farklı açılardan görüntüleri ve video kaydı

	Üst	Ön	Arka	45° açı	Video
Z					https://youtu.be/c_e2TsyNiMA

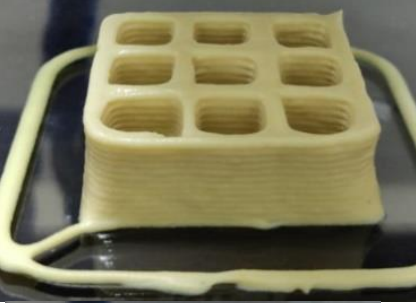
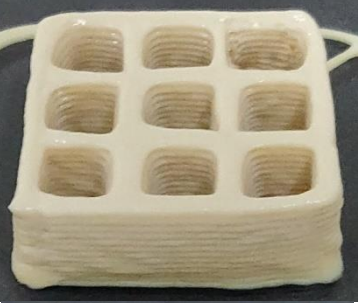
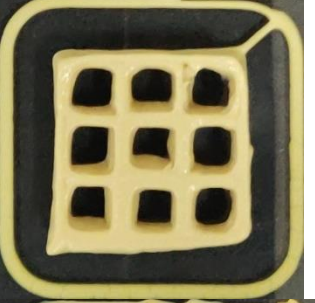
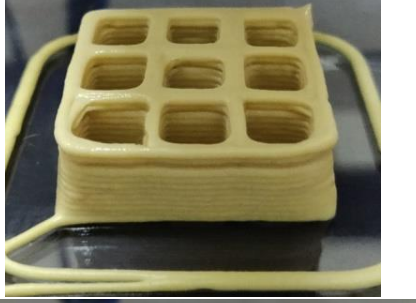
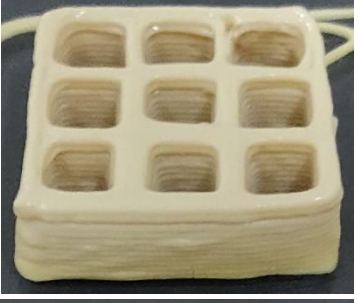
Tablo 4.17. Nar kabuğu ekstraktı (% 1.1, % 2.2 ve % 3.2) ilaveli lor bazlı formülasyonun ızgara baskısının farklı açılardan görüntüleri ve video kayıtları

	Üst	Ön	Arka	45° açı	Video
N ₁					https://youtu.be/Gw4y3G9MqkM
N ₂					https://youtu.be/22jYRwr7e0
N ₃					https://youtu.be/ACR_tP7z8yA

Tablo 4.18. Portakal kabuğu ekstraktı (% 1.1, % 2.2 ve % 3.2) ilaveli lor bazlı formülasyonun ızgara baskısının farklı açılardan görüntüleri ve video kayıtları

	Üst	Ön	Arka	45° açı	Video
P ₁					https://youtu.be/yf7YOTWsYGg
P ₂					https://youtu.be/lylbzfdxE60
P ₃					https://youtu.be/o3HmxrQyt5U

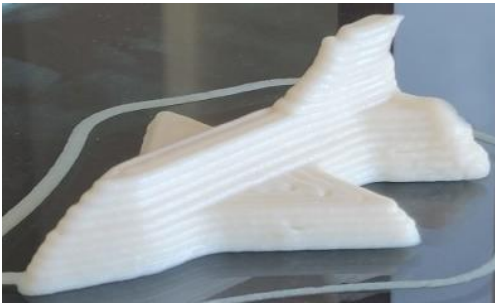
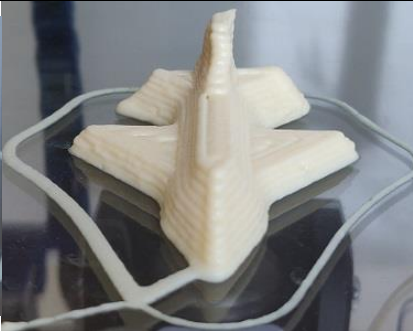
Tablo 4.19. Nar + portakal kabuğu ekstraktı (% 1.1, % 2.2 ve % 3.2) ilaveli lor bazlı formülasyonun ızgara baskısının farklı açılardan görüntüleri ve video kayıtları

	Üst	Ön	Arka	45° açı	Video
NP ₁					https://youtu.be/BKrqa_64QuI
NP ₂					https://youtu.be/hNyySfVThyQ
NP ₃					https://youtu.be/uhBZ9ZvbT40

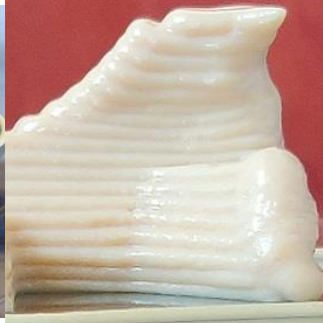
4.3. Zenginleştirilmiş Fonksiyonel Lor Bazlı Ürün Formülasyonunun Üç Boyutlu Gıda Yazıcısında Uçak Model Baskısının Analiz Sonuçları

Üç boyutlu uçak modelinin baskısı Yöntem 3.2.5.3'teki parametrelere göre yapılmıştır. Farklı olarak duvar sayısı 1 seçilmiştir. Baskı 9 dakika 55 saniye sürmüştür. Katman sayısı ise 18'dir. Üç boyutlu uçak modeli baskılarının görüntüleri ve video kayıtları Tablo 4.20, Tablo 4.21, Tablo 4.22 ve Tablo 4.23'te gösterilmiştir.

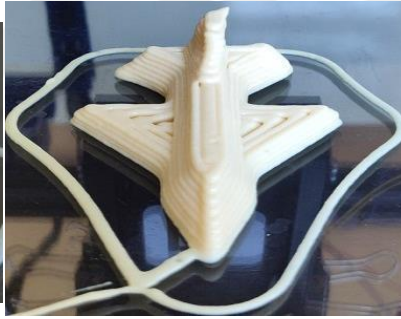
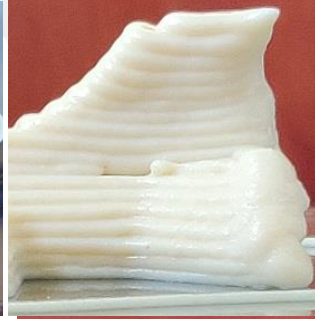
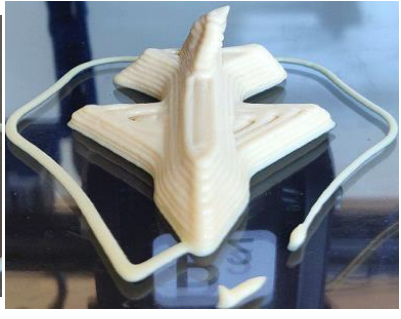
Tablo 4.20. Zenginleştirilmiş lor bazlı formülasyonun (ekstraksız, kontrol) üç boyutlu uçak modeli baskısının görüntüleri ve video kaydı

	Perspektif	Ön	Kuyruk	Kanat	Video
Z					https://youtu.be/gITAz0DyWwA

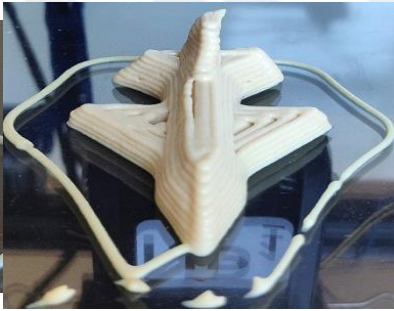
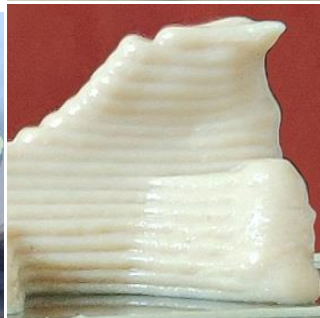
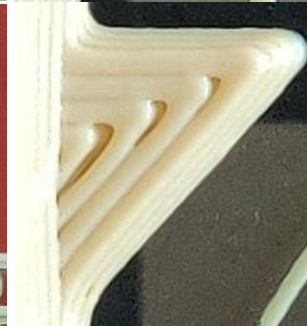
Tablo 4.21. Nar kabuğu ekstraktı (% 1.1, % 2.2 ve % 3.2) ilaveli üç boyutlu uçak modeli baskılarının görüntüleri ve video kayıtları

	Perspektif	Ön	Kuyruk	Kanat	Video
N ₁					https://youtu.be/2cObZBrqypo
N ₂					https://youtu.be/X5_lo0S9jtk
N ₃					https://youtu.be/0TD5kopiY78

Tablo 4.22. Portakal kabuğu ekstraktı (% 1.1, % 2.2 ve % 3.2) üç boyutlu uçak modeli baskılarının görüntüleri ve video kayıtları

	Perspektif	Ön	Kuyruk	Kanat	Video
P ₁					https://youtu.be/OTWVnEBFQsI
P ₂					https://youtu.be/3ym2z00L7n8
P ₃					https://youtu.be/HDuGslu18u8

Tablo 4.23. Nar + portakal kabuğu ekstraktı (% 1.1, % 2.2 ve % 3.2) üç boyutlu uçak modeli baskılarının görüntüleri ve video kayıtları

	Perspektif	Ön	Kuyruk	Kanat	Video
NP ₁					https://youtu.be/fy29p_tgRko
NP ₂					https://youtu.be/XtkWzcKGdDo
NP ₃					https://youtu.be/P28J4AVdRDs

4.3.1. Kuru Madde Miktarı

Uçak modeli baskısının konsantrasyon ve ekstrakt çeşidine göre kuru madde miktarı sonuçları yüzde olarak Tablo 4.24'te verilmiştir.

Tablo 4.24. Kuru madde miktarı sonuçları (%)

	N	P	NP
% 0	33.3083 ^{aA} ± 0.5655	33.3083 ^{aA} ± 0.5655	33.3083 ^{aA} ± 0.5655
% 1.1	34.8936 ^{bB} ± 0.0538	33.7541 ^{aB} ± 0.0250	34.9458 ^{bB} ± 0.0174
% 2.2	35.2524 ^{bC} ± 0.0072	33.8996 ^{aC} ± 0.0616	35.2404 ^{bC} ± 0.0260
% 3.2	35.3303 ^{bD} ± 0.0030	34.9133 ^{aD} ± 0.0161	35.4430 ^{cD} ± 0.0137

*: ortalama ± standart sapma

^{a-c}: Aynı satırdaki küçük harfler ekstrakt çeşitlerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

^{A-D}: Aynı sütundaki büyük harfler ise konsantrasyonlarının karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

% 0: Kontrol Grubu (meyve kabuğu ekstraktı ilave edilmemiş örnekler), % 1.1: İçerisinde ağırlıkça % 1.1 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 2.2: İçerisinde ağırlıkça % 2.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 3.2: İçerisinde ağırlıkça % 3.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün örnekleridir.

N: Nar kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, P: Portakal kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, NP: Ağırlıkça 1:1 oranında nar ve portakal kabuğu ekstraktı karıştırılarak ilave edilen ürün örnekleridir.

Kuru madde miktarı üzerine meyve kabuğu ekstrakt konsantrasyonlarının etkisi her konsantrasyondaki farklılıklar için istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05).

Kuru madde miktarı üzerine % 1.1 ve % 2.2 konsantrasyonlarındaki N ve NP örneği arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli olmayıp (p>0.05) diğer bütün örnekler arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). % 3.2 konsantrasyonlarındaki her ekstrakt çeşidi için farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05).

En düşük kuru madde miktarı % 33.31 ile Z (Ekstrakt ilavesiz lor bazlı formülasyon), en yüksek kuru madde miktarı ise % 35.44 ile NP₃ (% 3.2 Karışık Nar-portakal kabuğu ekstraktı ilaveli lor bazlı formülasyon) nolu örnekte gözlemlenmiştir.

N₁ (% 1.1 Nar kabuğu ekstraktı ilaveli lor bazlı formülasyon) ile N₃ (% 3.2 Nar kabuğu ekstraktı ilaveli lor bazlı formülasyon) arasında kuru madde içeriği artışı gözlenmektedir. Daha yüksek oranlarda nar kabuğu ekstraktı ilavesi, kuru madde içeriğinde artışa yol açmıştır. P₁ (% 1.1 Portakal kabuğu ekstraktı ilaveli lor bazlı formülasyon) ile P₃ (% 3.2 Portakal kabuğu ekstraktı ilaveli lor bazlı formülasyon) arasında kuru madde içeriği artışı gözlenmektedir. Portakal kabuğu ekstraktı ilavesi, kuru madde içeriğini artırmıştır. NP₁ (% 1.1 Karışık Nar-portakal kabuğu ekstraktı ilaveli lor bazlı formülasyon) ile NP₃ (% 3.2 Karışık Nar-portakal kabuğu ekstraktı ilaveli lor bazlı formülasyon) arasında kuru madde içeriği artışı gözlenmektedir. Karışık ekstrakt ilavesi, kuru madde içeriğini artırmıştır. Ekstraktların suda çözünür kuru madde içeriği 70 Brix'tir. Nar kabuğu ekstraktının kuru madde miktarı % 61, portakal kabuğu ekstraktının kuru madde miktarı ise % 75'tir. Ekstraktların içerisinde bulunan fenolik ve antioksidan bileşikler, suda çözünmeyen polisakkaritler ve pektin ilave edildikleri formülasyonların kuru madde içeriklerini artırma eğiliminde bulunmuştur.

4.3.2. Protein Miktarı

Uçak modeli baskısının konsantrasyon ve ekstrakt çeşidine göre protein miktarı sonuçları yüzde olarak Tablo 4.25'te verilmiştir.

Tablo 4.25. Protein miktarı sonuçları (%)

	N	P	NP
% 0	10.2414 ^{aC} ± 0.0022	10.2414 ^{aC} ± 0.0022	10.2414 ^{aC} ± 0.0022
% 1.1	10.2354 ^{bBC} ± 0.0104	10.2211 ^{aB} ± 0.0078	10.2269 ^{abB} ± 0.0003
% 2.2	10.2276 ^{cB} ± 0.0013	10.2165 ^{aAB} ± 0.0009	10.2191 ^{bA} ± 0.0009
% 3.2	10.2153 ^{bA} ± 0.0017	10.2127 ^{aA} ± 0.0003	10.2171 ^{bA} ± 0.0005

*: ortalama ± standart sapma

^{a-c}: Aynı satırdaki küçük harfler ekstrakt çeşitlerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

^{A-C}: Aynı sütundaki büyük harfler ise konsantrasyonlarının karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

% 0: Kontrol Grubu (meyve kabuğu ekstraktı ilave edilmemiş örnekler), % 1.1: İçerisinde ağırlıkça % 1.1 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 2.2: İçerisinde ağırlıkça % 2.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 3.2: İçerisinde ağırlıkça % 3.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün örnekleridir.

N: Nar kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, P: Portakal kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, NP: Ağırlıkça 1:1 oranında nar ve portakal kabuğu ekstraktı karıştırılarak ilave edilen ürün örnekleridir.

Protein miktarı üzerine nar kabuğu ekstrakt konsantrasyonunun etkisi % 0 (Kontrol) ile % 2.2 arasındaki farklılık ($p=0.001$), % 0 (Kontrol) ile % 3.2 arasındaki farklılık ($p=0.001$) ve % 2.2 ile % 3.2 arasındaki farklılık ($p=0.001$) hariç diğerleri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Portakal kabuğu ekstrakt konsantrasyonunun etkisi % 1.1 ile % 2.2 arasındaki farklılık ($p=0.837$) ve % 1.1 ile % 3.2 arasındaki farklılık ($p=0.366$) hariç diğer konsantrasyonlar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Nar ve portakal kabuğu ekstrakt karışımının her konsantrasyonunun etkisi için farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Protein miktarı üzerine % 1.1 konsantrasyonundaki N ve P örneği arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli olup ($p=0.028$) diğer örnekler arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). % 2.2 konsantrasyonlarındaki her ekstrakt çeşidi için farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). % 3.2 konsantrasyonundaki P ve NP örneği arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli olup ($p=0.001$) diğer örnekler arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$).

En yüksek protein miktarı % 10.24 ile Z nolu formülasyonda tespit edilmiştir. N_1 ile N_3 arasında protein miktarında belirgin bir değişiklik gözlenmemiştir. Nar kabuğu ekstraktı ilavesinin protein miktarı üzerinde önemli bir etkisi olmamıştır. Protein miktarları, ekstrakt ilave edilmeyen formülasyonla benzer seviyelerde kalmıştır. P_1 ile P_3 arasında protein miktarında belirgin bir değişiklik gözlenmemiştir. Portakal kabuğu ekstraktı ilavesinin protein miktarı üzerinde belirgin bir etkisi olmamıştır. Protein miktarları, ekstrakt ilave edilmeyen formülasyonla benzer seviyelerde kalmıştır. NP_1 ile NP_3 arasında protein miktarında belirgin bir değişiklik gözlenmemiştir. Karışık ekstrakt ilavesinin protein miktarı üzerinde belirgin bir etkisi olmamıştır. Protein miktarları, ekstrakt ilave edilmeyen formülasyonla benzer seviyelerde kalmıştır. Özetle meyve kabuğu ekstraktlarında protein iz miktarda bulunduğu için formülasyon üzerine herhangi bir etkisi olmamıştır.

4.3.3. Yağ Miktarı

Uçak modeli baskısının konsantrasyon ve ekstrakt çeşidine göre yağ miktarı sonuçları yüzde olarak Tablo 4.26’da verilmiştir.

Tablo 4.26. Yağ miktarı sonuçları (%)

	N	P	NP
% 0	4.8761 ^{aC} ± 0.0028	4.8761 ^{aD} ± 0.0028	4.8761 ^{aD} ± 0.0028
% 1.1	4.8628 ^{aB} ± 0.0050	4.8669 ^{aC} ± 0.0015	4.8668 ^{aC} ± 0.0029
% 2.2	4.8573 ^{aB} ± 0.0051	4.8536 ^{aB} ± 0.0035	4.8538 ^{aB} ± 0.0038
% 3.2	4.8446 ^{aA} ± 0.0026	4.8458 ^{aA} ± 0.0032	4.8468 ^{aA} ± 0.0028

*: ortalama ± standart sapma

^{a-b}: Aynı satırdaki küçük harfler ekstrakt çeşitlerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

^{A-D}: Aynı sütundaki büyük harfler ise konsantrasyonlarının karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

% 0: Kontrol Grubu (meyve kabuğu ekstraktı ilave edilmemiş örnekler), % 1.1: İçerisinde ağırlıkça % 1.1 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 2.2: İçerisinde ağırlıkça % 2.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 3.2: İçerisinde ağırlıkça % 3.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün örnekleridir.

N: Nar kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, P: Portakal kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, NP: Ağırlıkça 1:1 oranında nar ve portakal kabuğu ekstraktı karıştırılarak ilave edilen ürün örnekleridir.

Yağ miktarı üzerine nar kabuğu ekstrakt konsantrasyonunun etkisi % 1.1 ile % 2.2 arasındaki farklılık (p=0.198) hariç diğerleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). Portakal kabuğu ekstraktının ve nar-portakal kabuğu ekstrakt karışımının her konsantrasyonunun etkisi için farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05).

Yağ miktarı üzerine her konsantrasyondaki meyve kabuğu ekstraktı ilaveli örnekler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (p>0.05).

En yüksek yağ miktarı % 4.88 ile Z nolu formülasyonda tespit edilmiştir. Nar kabuğu ekstraktı ilavesi, yağ miktarı üzerinde belirgin bir etkiye sahip değildir. Tüm ekstrakt ilaveli örneklerde yağ miktarı benzer seviyelerdedir. Genel olarak yağ miktarı, ekstrakt ilave edilmeyen formülasyon (Z) ile benzer seviyelerdedir. Portakal kabuğu ekstraktı ve karışık ekstrakt ilavesi, yağ miktarını nar kabuğu ekstraktına göre hafifçe artırmıştır. Bunun sebebi portakal kabuğunda bulunan lipit ve benzeri maddelerden kaynakladığı düşünülmektedir.

4.3.4. Kül Miktarı

Uçak modeli baskısının konsantrasyon ve ekstrakt çeşidine göre kül miktarı sonuçları yüzde olarak Tablo 4.27’de verilmiştir.

Tablo 4.27. Kül miktarı sonuçları (%)

	N	P	NP
% 0	4.2872 ^{aB} ± 0.0073	4.2872 ^{aC} ± 0.0073	4.2872 ^{aB} ± 0.0073
% 1.1	4.3067 ^{bD} ± 0.0003	4.2843 ^{aC} ± 0.0026	4.3017 ^{bC} ± 0.0085
% 2.2	4.2960 ^{cC} ± 0.0004	4.2587 ^{aB} ± 0.0003	4.2857 ^{bB} ± 0.0014
% 3.2	4.2747 ^{cA} ± 0.0027	4.2258 ^{aA} ± 0.0026	4.2655 ^{bA} ± 0.0048

*: ortalama ± standart sapma

^{a-c}: Aynı satırdaki küçük harfler ekstrakt çeşitlerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

^{A-D}: Aynı sütundaki büyük harfler ise konsantrasyonlarının karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

% 0: Kontrol Grubu (meyve kabuğu ekstraktı ilave edilmemiş örnekler), % 1.1: İçerisinde ağırlıkça % 1.1 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 2.2: İçerisinde ağırlıkça % 2.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 3.2: İçerisinde ağırlıkça % 3.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün örnekleridir.

N: Nar kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, P: Portakal kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, NP: Ağırlıkça 1:1 oranında nar ve portakal kabuğu ekstraktı karıştırılarak ilave edilen ürün örnekleridir.

Kül miktarı üzerine nar kabuğu ekstrakt konsantrasyonunun etkisi % 0 (Kontrol) ile % 2.2 arasındaki farklılık (p=0.297) ve % 0 (Kontrol) ile % 3.2 arasındaki farklılık (p=0.092) hariç diğerleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). Portakal kabuğu ekstrakt konsantrasyonunun etkisi % 0 (Kontrol) ile % 1.1 arasındaki farklılık (p=0.837) hariç diğer konsantrasyonlar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). Nar ve portakal kabuğu ekstrakt karışım konsantrasyonunun etkisi % 0 (Kontrol) ile % 2.2 arasındaki farklılık (p=0.980) hariç diğer konsantrasyonlar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05).

Kül miktarı üzerine % 1.1 konsantrasyonundaki N ve NP örneği arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli olmayıp (p=0.303) diğer örnekler arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). % 2.2 ve % 3.2 konsantrasyonundaki tüm örnekler arasındaki farklılıklar ise istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05).

En düşük kül miktarı % 4.23 ile P₃ örneğinde, en yüksek kül miktarı % 4.31 ile N₁ örneğinde tespit edilmiştir.

Nar kabuğu ekstraktının kül miktarı % 2, portakal kabuğu ekstraktının kül miktarı ise % 1.5'tir. Nar kabuğu ekstraktı ilavesi, kül miktarı üzerinde belirgin bir etkiye sahiptir. N₁ örneğinde en yüksek kül miktarı gözlemlenmiştir. Portakal kabuğu ekstraktı ilavesi, kül miktarında düşüşe neden olmuştur. P₃ örneğinde en düşük kül miktarı elde edilmiştir. Karışık ekstrakt ilaveleri, kül miktarında değişiklik yapmamıştır. Karışık ekstrakt ilaveli örneklerde kül miktarı, ekstrakt ilave edilmeyen formülasyon (Z) ile benzer seviyelerdedir.

4.3.5. Toplam Karbonhidrat Miktarı

Uçak modeli baskısının konsantrasyon ve ekstrakt çeşidine göre toplam karbonhidrat miktarı sonuçları yüzde olarak Tablo 4.28'de verilmiştir.

Tablo 4.28. Toplam karbonhidrat miktarı sonuçları (%)

	N	P	NP
% 0	13.4035 ^{aA} ± 0.0536	13.4035 ^{aB} ± 0.0536	13.4035 ^{aB} ± 0.0536
% 1.1	13.5886 ^{bA} ± 0.5079	13.8818 ^{bC} ± 0.0236	13.0504 ^{aA} ± 0.0156
% 2.2	13.3714 ^{aA} ± 0.0102	14.0707 ^{bD} ± 0.0630	13.3818 ^{aB} ± 0.0299
% 3.2	13.4956 ^{bA} ± 0.0034	13.1290 ^{aA} ± 0.0182	13.6136 ^{cC} ± 0.0155

*: ortalama ± standart sapma

^{a-c}: Aynı satırdaki küçük harfler ekstrakt çeşitlerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

^{A-D}: Aynı sütundaki büyük harfler ise konsantrasyonlarının karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

% 0: Kontrol Grubu (meyve kabuğu ekstraktı ilave edilmemiş örnekler), % 1.1: İçerisinde ağırlıkça % 1.1 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 2.2: İçerisinde ağırlıkça % 2.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 3.2: İçerisinde ağırlıkça % 3.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün örnekleridir.

N: Nar kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, P: Portakal kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, NP: Ağırlıkça 1:1 oranında nar ve portakal kabuğu ekstraktı karıştırılarak ilave edilen ürün örnekleridir.

Toplam karbonhidrat miktarı üzerine nar kabuğu ekstrakt konsantrasyonunun etkisi % 2.2 ile % 3.2 arasındaki farklılık (p=0.001) hariç diğerleri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (p>0.05). Portakal kabuğu ekstraktının her konsantrasyonunun arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). Nar ve portakal kabuğu ekstrakt karışım konsantrasyonunun etkisi % 0 (Kontrol) ile % 2.2 arasındaki farklılık (p=0.975) hariç diğer konsantrasyonlar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05).

Toplam karbonhidrat miktarı üzerine % 1.1 konsantrasyonundaki P ve NP örneği arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli olup (p=0.001) diğer örnekler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (p>0.05). % 2.2

konsantrasyonundaki N ve NP örneği arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli olmayıp ($p=0.870$) diğer örnekler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). % 3.2 konsantrasyonlarındaki tüm örnekler arasındaki farklılıklar ise istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

En düşük toplam karbonhidrat miktarı % 13.05 ile NP₁ örneğinde, en yüksek toplam karbonhidrat miktarı % 14.07 ile P₂ örneğinde tespit edilmiştir.

Nar kabuğu ekstraktı ilavesi, toplam karbonhidrat miktarı üzerinde farklı etkilere sahiptir. Örneğin, N₁ ve N₃ örneklerinde toplam karbonhidrat miktarı artmış, N₂ örneğinde ise azalmıştır. Portakal kabuğu ekstraktı ilavesi, toplam karbonhidrat miktarını artırmıştır. P₁, P₂ ve P₃ örneklerinde toplam karbonhidrat miktarı ekstrakt ilavesiz formülasyona göre yüksek bulunmuştur. Karışık ekstrakt ilaveleri, toplam karbonhidrat miktarında değişiklik yapmıştır. NP₁ ve NP₃ örneklerinde toplam karbonhidrat miktarı ekstrakt ilavesiz formülasyona göre düşüktür. NP₂ örneğinde ise benzer seviyededir.

Nar ve portakal kabuğunda karbonhidrat yapısında bulunan çözünmeyen polisakkaritler, lifler, selülozik bileşikler, hemiselüloz, lignin, pektin ve az miktarda şeker bulunmaktadır. Pektin katıldığı ürünlere jel kapasitesini iyileştirme özelliği verebilmektedir. Ayrıca pektinler ile beraber lifler su tutma kapasitesini artırma eğilimi göstermektedirler (Ahmad vd., 2022; Uyar-Tamer, 2017).

Sonuç olarak, ekstrakt ilavesinin lor bazlı formülasyondaki toplam karbonhidrat miktarı üzerinde değişikliklere neden olduğu görülmektedir. Nar kabuğu ekstraktı ilavesi bazı örneklerde artış veya azalışa neden olurken, portakal kabuğu ekstraktı ilavesi karbonhidrat miktarını artırmıştır. Karışık ekstrakt ilavelerinin ise etkileri örneklerle bağlı olarak değişmektedir. Bu sonuçlar, ekstrakt ilavesinin formülasyondaki karbonhidrat miktarını etkileyebileceğini göstermektedir. Ancak ekstrakt içermeyen formülasyonlarda laktoz yüksek miktarda bulunmaktadır. Toz haline getirilen lor peynirinde bulunan laktoz ve proteinler homojen dağılım veya suda emilim göstermedikleri düşünülmektedir. Dolayısıyla bileşiklerin karıştırılması, işlenmesi ve aktarılması süreci kontrollü bir üretim için önem arz etmektedir.

4.3.6. pH Değeri

Uçak modeli baskısının konsantrasyon ve ekstrakt çeşidine göre pH değeri sonuçları Tablo 4.29'da verilmiştir.

Tablo 4.29. pH değeri sonuçları

	N	P	NP
% 0	5.66 ^{aD} ± 0.01	5.66 ^{aC} ± 0.01	5.66 ^{aC} ± 0.01
% 1.1	5.59 ^{bC} ± 0.02	5.65 ^{cC} ± 0.01	5.43 ^{aB} ± 0.01
% 2.2	5.38 ^{aB} ± 0.02	5.50 ^{bB} ± 0.01	5.40 ^{aB} ± 0.04
% 3.2	5.24 ^{aA} ± 0.01	5.33 ^{cA} ± 0.02	5.26 ^{bA} ± 0.01

*, ortalama ± standart sapma

^{a-c}: Aynı satırdaki küçük harfler ekstrakt çeşitlerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

^{A-D}: Aynı sütundaki büyük harfler ise konsantrasyonlarının karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

% 0: Kontrol Grubu (meyve kabuğu ekstraktı ilave edilmemiş örnekler), % 1.1: İçerisinde ağırlıkça % 1.1 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 2.2: İçerisinde ağırlıkça % 2.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 3.2: İçerisinde ağırlıkça % 3.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün örnekleridir.

N: Nar kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, P: Portakal kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, NP: Ağırlıkça 1:1 oranında nar ve portakal kabuğu ekstraktı karıştırılarak ilave edilen ürün örnekleridir.

pH değeri üzerine nar kabuğu ekstraktının her konsantrasyonunun arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). Portakal kabuğu ekstrakt konsantrasyonunun etkisi % 0 (Kontrol) ile % 1.1 arasındaki farklılık (p=0.294) hariç diğerleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). Nar ve portakal kabuğu ekstrakt karışım konsantrasyonunun etkisi % 1.1 ile % 2.2 arasındaki farklılık (p=0.679) hariç diğer konsantrasyonlar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05).

pH değeri üzerine % 1.1 konsantrasyonlarındaki tüm örnekler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). % 2.2 konsantrasyonundaki N ve NP örneği arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli olmayıp (p=0.906) diğer örnekler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). % 3.2 konsantrasyonlarındaki tüm örnekler arasındaki farklılıklar ise istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05).

En düşük pH değeri 5.24 ile N₃ örneğinde, en yüksek pH değeri 5.66 ile Z örneğinde tespit edilmiştir.

Nar kabuğu ekstraktı ilavesi, pH değerinde minimal değişikliklere neden olmuştur. N₁ ve N₂ örneklerinde pH değeri hafifçe azalmış, N₃ örneğinde ise daha belirgin bir azalış gözlenmiştir. Portakal kabuğu ekstraktı ilavesi, pH değerinde minimal değişikliklere neden olmuştur. P₁ ve P₂ örneklerinde pH değeri minimal azalmış, P₃ örneğinde ise daha belirgin bir azalış gözlenmiştir. Karışık ekstrakt ilaveleri, pH değerinde minimal değişikliklere neden olmuştur. NP₁ ve NP₂ örneklerinde pH değeri minimal azalmış, NP₃ örneğinde ise daha belirgin bir azalış gözlenmiştir.

Nar ve portakal kabuğu, içerdikleri doğal bileşikler nedeniyle asitlik düzeyini artırabilir. Hem nar hem de portakal kabuğu, sitrik asit adı verilen organik asit içermektedir. Sitrik asit, meyve kabuklarında doğal olarak bulunan ve asidik bir tat sağlayan bir bileşiktir. Nar kabuğu, malik asit de içermektedir. Malik asit, meyvelerde yaygın olarak bulunan bir asittir ve asidik bir lezzet de sağlayabilmektedir. Hem nar hem de portakal kabuğu, limonen adı verilen bir terpen bileşiği içermektedir. Limonen, asidik bir aromaya sahip olan ve meyvelerin karakteristik kokularını oluşturan bir bileşiktir. Bu bileşikler, nar ve portakal kabuk ekstraktlarının asidik özelliklerine katkıda bulunmaktadır. Bu nedenle, nar ve portakal kabuğu ekstraktları eklenerek yapılan formülasyonlar genellikle asidik bir karaktere sahip olabilmektedir. Ancak, ekstraktın miktarına ve diğer bileşenlere bağlı olarak asitlik düzeyi değişebilmektedir (Demirel ve Demir, 2018; Yasoubi vd. 2007).

4.3.7. Renk

Uçak modeli baskısının konsantrasyon ve ekstrakt çeşidine göre L^* değeri sonuçları Tablo 4.30'da verilmiştir.

Tablo 4.30. L^* değeri sonuçları

	N	P	NP
% 0	84.3000 ^{aD} ± 0.0741	84.3000 ^{aD} ± 0.0741	84.3000 ^{aD} ± 0.0741
% 1.1	75.7760 ^{aC} ± 0.1540	80.4000 ^{cC} ± 0.2257	76.2860 ^{bC} ± 0.0832
% 2.2	72.5660 ^{aB} ± 0.2490	78.4200 ^{cB} ± 0.2316	73.2350 ^{bB} ± 0.3498
% 3.2	71.3360 ^{aA} ± 0.2950	75.6250 ^{cA} ± 0.1606	72.6640 ^{bA} ± 0.2188

*: ortalama ± standart sapma

^{a-c}: Aynı satırdaki küçük harfler ekstrakt çeşitlerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p < 0.05$).

^{A-D}: Aynı sütundaki büyük harfler ise konsantrasyonlarının karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p < 0.05$).

% 0: Kontrol Grubu (meyve kabuğu ekstraktı ilave edilmemiş örnekler), % 1.1: İçerisinde ağırlıkça % 1.1 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 2.2: İçerisinde ağırlıkça % 2.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 3.2: İçerisinde ağırlıkça % 3.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün örnekleridir.

N: Nar kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, P: Portakal kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, NP: Ağırlıkça 1:1 oranında nar ve portakal kabuğu ekstraktı karıştırılarak ilave edilen ürün örnekleridir.

L^* değeri üzerine nar kabuğu ekstraktının her konsantrasyonunun arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Portakal kabuğu ekstraktının her konsantrasyonunun arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Nar ve portakal kabuğu ekstrakt karışım konsantrasyonunun etkisi % 2.2 ile % 3.2 arasındaki farklılık ($p = 0.106$) hariç diğer konsantrasyonlar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).

L^* değeri üzerine tüm konsantrasyonlardaki bütün meyve kabuk ekstraktı ilaveli örnekler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).

En düşük L^* değeri 71.34 N_1 örneğinde, en yüksek L^* değeri 84.30 ile Z örneğinde tespit edilmiştir. Nar kabuğu ekstraktı ilavesi, L^* değerinde düşüşe neden olmuştur. N_1 , N_2 ve N_3 örneklerinde L^* değeri azalmıştır. Nar kabuğu ekstraktının koyu renkli bileşikler içermesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Portakal kabuğu ekstraktı ilavesi, L^* değerinde düşüşe neden olmuştur. P_1 , P_2 ve P_3 örneklerinde L^* değeri azalmıştır. Portakal kabuğu ekstraktının aynı şekilde koyu renkli bileşikler içermesi bu düşüşe katkıda bulunduğu düşünülmektedir. Karışık ekstrakt ilaveleri, L^* değerinde düşüşe neden olmuştur. NP_1 , NP_2 ve NP_3 örneklerinde L^* değeri

azalmıştır. Karışık ekstrakt ilavesinin koyu renkli bileşikler içermesi ve ekstraktların 70 Brix olması bu durumu açıklamaktadır.

Uçak modeli baskısının konsantrasyon ve ekstrakt çeşidine göre a^* değeri sonuçları Tablo 4.31’de verilmiştir.

Tablo 4.31. a^* değeri sonuçları

	N	P	NP
% 0	0.9060 ^{aD} ± 0.9060	0.9060 ^{aA} ± 0.9060	0.9060 ^{aC} ± 0.9060
% 1.1	-0.6200 ^{aA} ± 0.0158	1.5500 ^{bB} ± 0.1000	0.3160 ^{bA} ± 0.0114
% 2.2	-0.5260 ^{aB} ± 0.0151	1.8700 ^{cC} ± 0.0254	0.3600 ^{bB} ± 0.0223
% 3.2	-0.0340 ^{aC} ± 0.0181	2.4260 ^{cD} ± 0.0114	0.3940 ^{bB} ± 0.0114

*: ortalama ± standart sapma

^{a-c}: Aynı satırdaki küçük harfler ekstrakt çeşitlerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p < 0.05$).

^{A-D}: Aynı sütundaki büyük harfler ise konsantrasyonlarının karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p < 0.05$).

% 0: Kontrol Grubu (meyve kabuğu ekstraktı ilave edilmemiş örnekler), % 1.1: İçerisinde ağırlıkça % 1.1 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 2.2: İçerisinde ağırlıkça % 2.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 3.2: İçerisinde ağırlıkça % 3.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün örnekleridir.

N: Nar kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, P: Portakal kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, NP: Ağırlıkça 1:1 oranında nar ve portakal kabuğu ekstraktı karıştırılarak ilave edilen ürün örnekleridir.

a^* değeri üzerine nar kabuğu ekstraktının her konsantrasyonunun arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Portakal kabuğu ekstraktının her konsantrasyonunun arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Nar ve portakal kabuğu ekstrakt karışım konsantrasyonunun etkisi % 2.2 ile % 3.2 arasındaki farklılık ($p = 0.074$) hariç diğer konsantrasyonlar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).

a^* değeri üzerine tüm konsantrasyonlardaki bütün meyve kabuk ekstraktı ilaveli örnekler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).

En düşük a^* değeri -0.62 ile N₁ örneğinde, en yüksek a^* değeri ise 2.43 ile P₃ örneğinde tespit edilmiştir. Nar kabuğu ekstraktı ilavesi (N₁, N₂ ve N₃) a^* değerini negatif yönde etkilemiştir. Konsantrasyon artışı ile birlikte kırmızılık artmıştır. Nar kabuğu ekstraktının formülasyona kırmızı tonlar kazandırdığını göstermektedir. Portakal kabuğu ekstraktı ilavesi (P₁, P₂ ve P₃) ise a^* değerini pozitif yönde etkilemiştir. Bu da portakal kabuğu ekstraktının formülasyona kırmızı tonlar kattığını

göstermektedir. Karışık nar-portakal kabuğu ekstraktı ilavesi (NP₁, NP₂ ve NP₃) ise düşük pozitif *a** değerlerine sahiptir.

Uçak modeli baskısının konsantrasyon ve ekstrakt çeşidine göre *b** değeri sonuçları Tablo 4.32’de verilmiştir.

Tablo 4.32. *b** değeri sonuçları

	N	P	NP
% 0	15.1000 ^{aA} ± 15.10	15.1000 ^{aA} ± 15.10	15.1000 ^{aA} ± 15.10
% 1.1	25.7100 ^{cB} ± 0.0360	18.3660 ^{aB} ± 0.0626	22.1300 ^{bB} ± 0.0264
% 2.2	30.2700 ^{cC} ± 0.0254	19.8240 ^{aC} ± 0.0536	26.8400 ^{bC} ± 0.0254
% 3.2	32.2360 ^{cD} ± 0.0497	21.8160 ^{aD} ± 0.0151	28.6500 ^{bD} ± 0.0514

*: ortalama ± standart sapma

^{a-c}: Aynı satırdaki küçük harfler ekstrakt çeşitlerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p < 0.05$).

^{A-D}: Aynı sütundaki büyük harfler ise konsantrasyonlarının karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p < 0.05$).

% 0: Kontrol Grubu (meyve kabuğu ekstraktı ilave edilmemiş örnekler), % 1.1: İçerisinde ağırlıkça % 1.1 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 2.2: İçerisinde ağırlıkça % 2.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 3.2: İçerisinde ağırlıkça % 3.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün örnekleridir.

N: Nar kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, P: Portakal kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, NP: Ağırlıkça 1:1 oranında nar ve portakal kabuğu ekstraktı karıştırılarak ilave edilen ürün örnekleridir.

*b** değeri üzerine nar kabuğu ekstraktının her konsantrasyonunun arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Portakal kabuğu ekstraktının her konsantrasyonunun arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Nar ve portakal kabuğu ekstraktının her konsantrasyonunun arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).

*b** değeri üzerine tüm konsantrasyonlardaki bütün meyve kabuk ekstraktı ilaveli örnekler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).

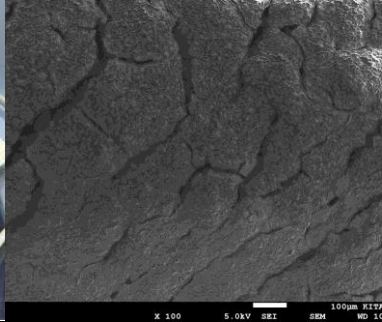
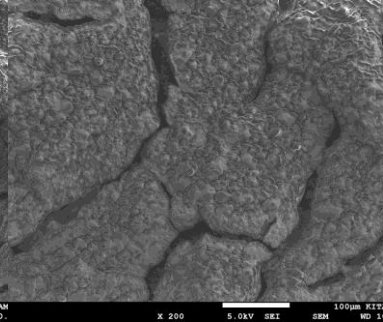
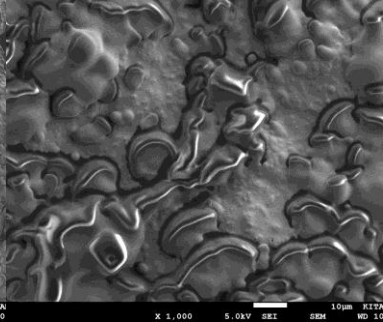
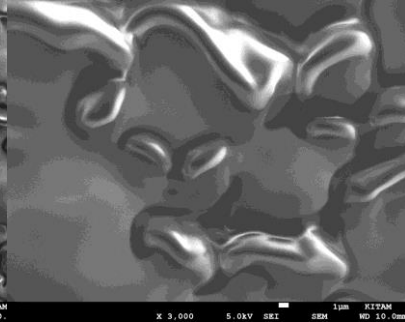
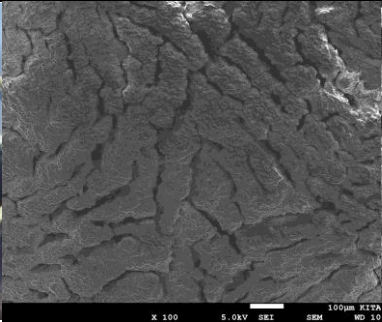
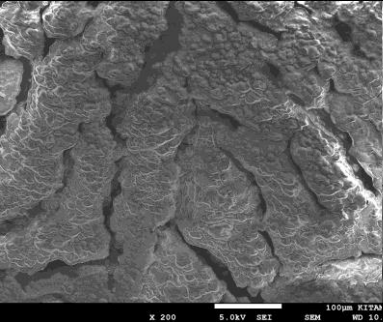
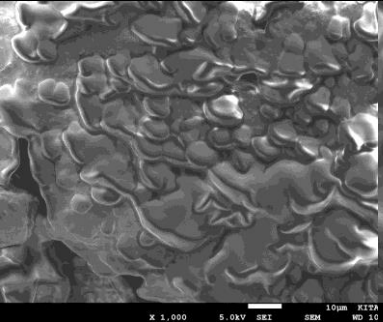
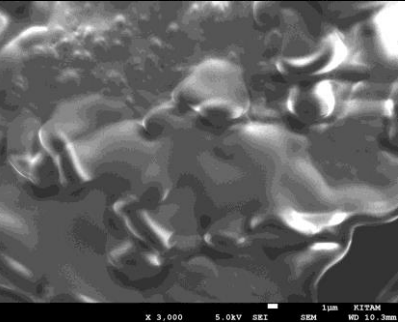
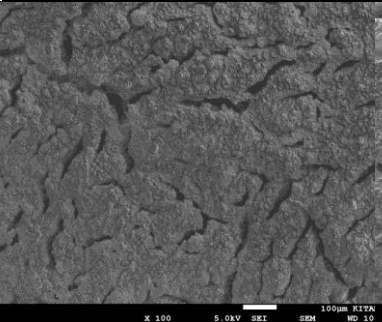
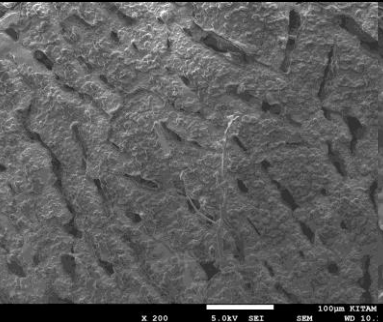
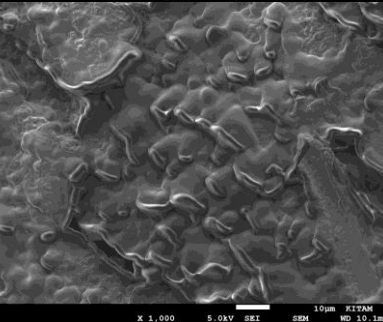
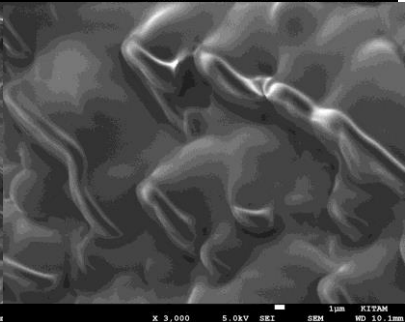
En düşük *b** değeri 15.10 ile Z örneğinde, en yüksek *b** değeri ise 32.24 ile N₁ örneğinde tespit edilmiştir. Nar kabuğu ekstraktı ilavesi (N₁, N₂ ve N₃) *b** değerini artırmıştır, yani sarılık tonlarında artış sağlamıştır. Portakal kabuğu ekstraktı ilavesi (P₁, P₂ ve P₃) ise *b** değerini daha fazla oranda artırmıştır, yani daha belirgin sarılık tonlarına katkıda bulunmuştur. Bu sonuçlar, ekstrakt ilavesinin lor bazlı formülasyondaki sarılık tonlarını genel olarak artırdığını göstermektedir.

Nar kabuğu ekstraktı sarı tonları belirginleştirirken, portakal kabuğu ekstraktı daha güçlü bir sarılık etkisi yaratmıştır. Karışık ekstrakt ilavesi ise en yüksek sarılık değerlerini sağlamıştır. Nar kabuğu ekstraktının L^* , a^* ve b^* renk değerleri sırasıyla 3.49, 1.81 ve 0.68'dir. Portakal kabuğu ekstraktının L^* , a^* ve b^* renk değerleri ise sırasıyla 1.94, 4.5 ve 3.01'dir. Nar ve nar suyunun ticari değerini belirleyen en önemli faktör, yapılarında doğal olarak bulunan monomerik antosiyaninlerin içerik miktarıdır. Flavonoid grubunun önemli bir üyesi olan antosiyaninler çoğu tahıl, meyve, sebze, ve çiçeklerin kırmızı, mavi ve mor olan renklerinden sorumlu olduğu belirtilmiştir (Okumuş, 2016).

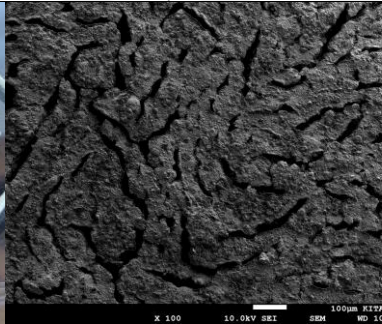
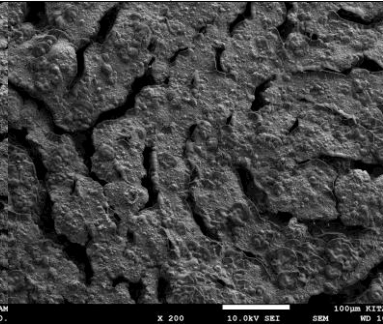
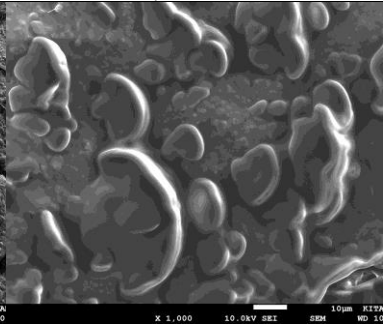
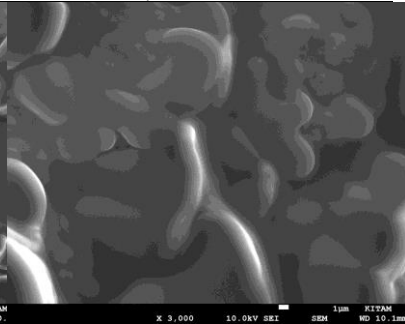
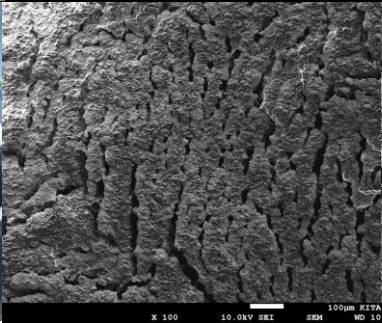
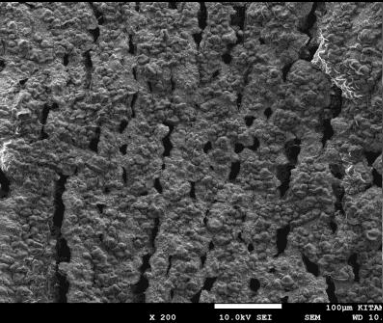
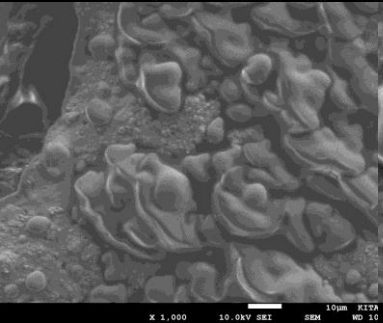
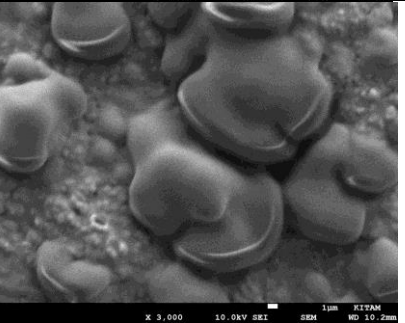
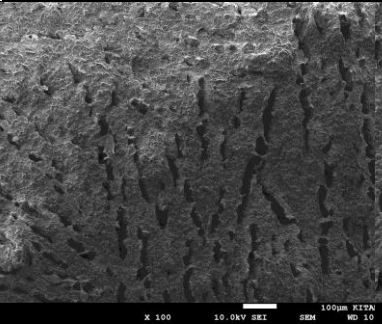
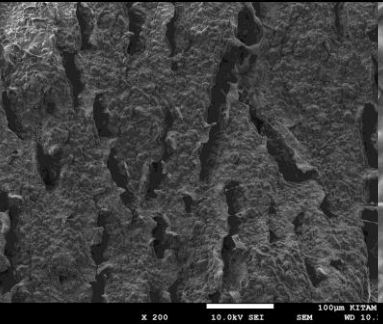
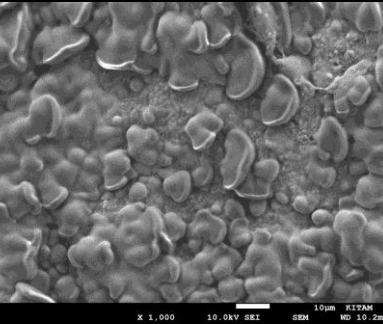
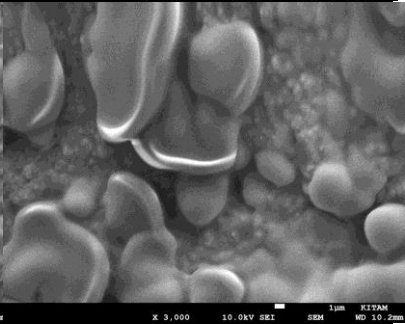
4.3.8. Mikro Yapı Görüntüleri

Zenginleştirilmiş fonksiyonel yazdırılabilir lor bazlı formülasyonda ve uçak baskılarında hem baskı öncesi hem de baskı sonrası (Tablo 4.8 ve 4.33) mikro yapı görüntüleri alınmıştır. Fakat kayda değer bir farklılık gözlemlenmemiştir. Dolayısıyla 3B gıda baskısının mikroyapı üzerine bir etkisi bulunmamaktadır. Aynı şekilde ekstrakt ilavesinin de mikroyapı üzerine bir etkisi görülmemiştir.

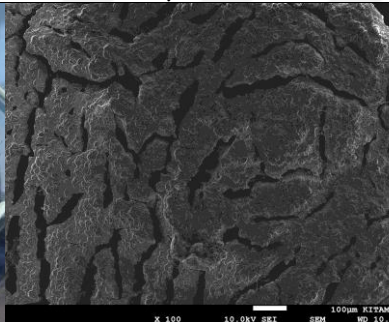
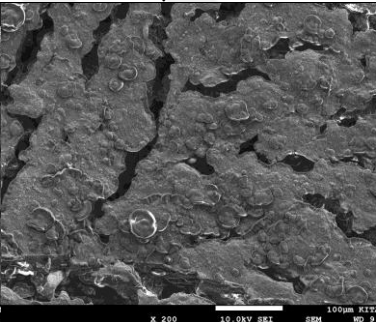
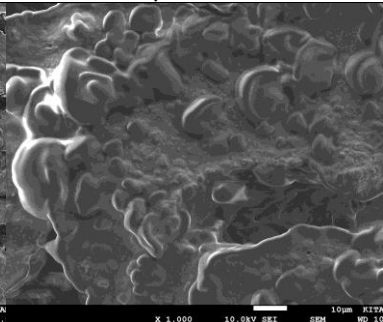
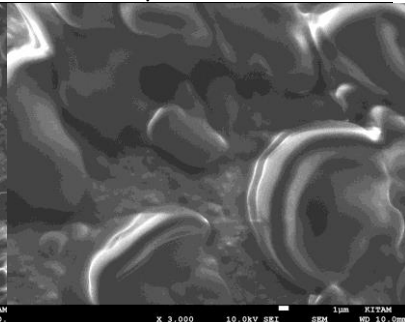
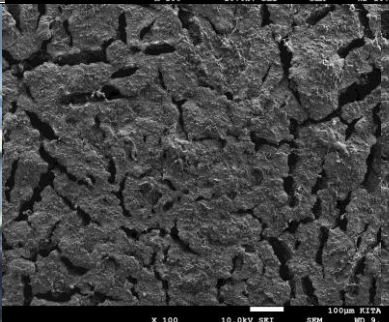
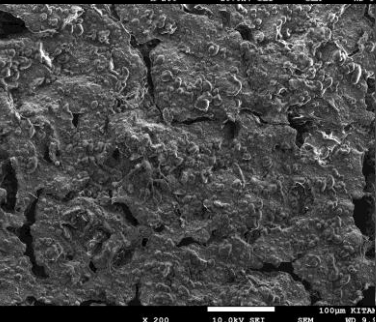
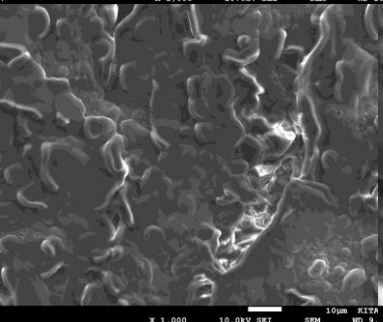
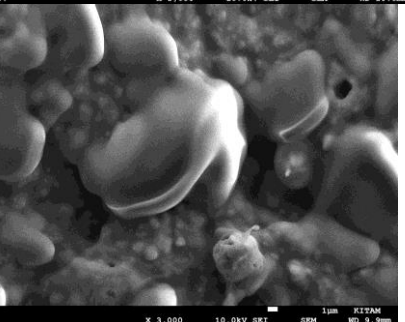
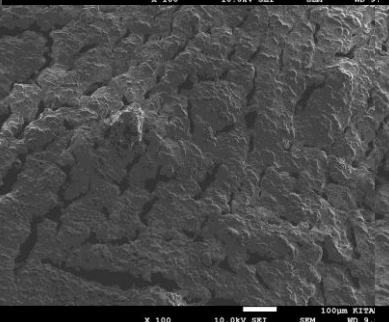
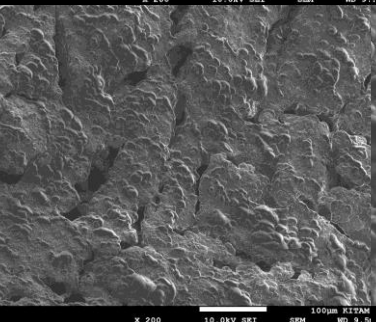
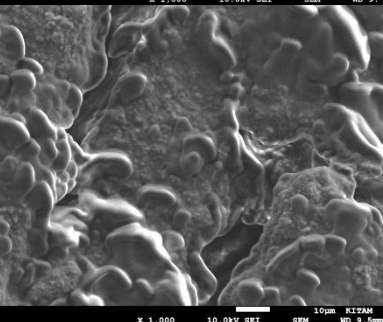
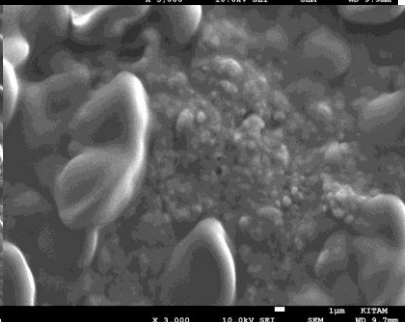
Tablo 4.33. Mikro yapı görüntüleri (DN: Deney No)

DN	3B Baskı	100 μm , x 100	100 μm , x 200	10 μm , x 1000	1 μm , x 3000
N ₁					
N ₂					
N ₃					

Tablo 4.33. (Devam)

DN	3B Baskı	100 µm, x 100	100 µm, x 200	10 µm, x 1000	1 µm, x 3000
P ₁					
P ₂					
P ₃					

Tablo 4.33. (Devam)

DN	3B Baskı	100 µm, x 100	100 µm, x 200	10 µm, x 1000	1 µm, x 3000
NP ₁					
NP ₂					
NP ₃					

4.3.9. Antioksidan Aktivitesi

4.3.9.1. DPPH Yöntemi

Uçak modeli baskısının konsantrasyon ve ekstrakt çeşidine göre DPPH yöntemiyle antioksidan aktivitesi sonuçları mM T/g cinsinden Tablo 4.34'te verilmiştir.

Tablo 4.34. DPPH yöntemi sonuçları (mM T/g)

	N	P	NP
% 0	0.0136 ^{aA} ± 0.0136	0.0136 ^{aA} ± 0.0136	0.0136 ^{aA} ± 0.0136
% 1.1	0.4855 ^{bA} ± 0.1062	0.0204 ^{aA} ± 0.0095	0.0410 ^{aA} ± 0.0069
% 2.2	4.0503 ^{bB} ± 0.3779	0.0533 ^{aA} ± 0.0055	0.1489 ^{aB} ± 0.0296
% 3.2	11.1812 ^{bC} ± 2.5658	0.2325 ^{aB} ± 0.0709	0.6187 ^{aC} ± 0.0608

*: ortalama ± standart sapma

^{a-b}: Aynı satırdaki küçük harfler ekstrakt çeşitlerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

^{A-C}: Aynı sütundaki büyük harfler ise konsantrasyonlarının karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

% 0: Kontrol Grubu (meyve kabuğu ekstraktı ilave edilmemiş örnekler), % 1.1: İçerisinde ağırlıkça % 1.1 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 2.2: İçerisinde ağırlıkça % 2.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 3.2: İçerisinde ağırlıkça % 3.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün örnekleridir.

N: Nar kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, P: Portakal kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, NP: Ağırlıkça 1:1 oranında nar ve portakal kabuğu ekstraktı karıştırılarak ilave edilen ürün örnekleridir.

Vücuttaki serbest radikallerin temizlenmesinden sorumlu olan bileşikler antioksidanlardır. Hücre ve dokuların oksidatif modifikasyonundan organizmayı antioksidanlar korumaktadırlar. *Punica granatum*, hastalıkları önleme özelliğine sahip fenolik bileşiklerin varlığı sebebiyle yüksek antioksidan potansiyeli göstermektedir. Nar kabuğu ekstrakt tozları, ticari domates suyuna ve çilekli portakal suyuna eklendiği bir çalışmada fenolik bileşiklerin içeriği ve antioksidan aktiviteyi belirlemek için analizler yapılmıştır. Kurutulmuş ekstrakt, eklenen konsantrasyonlarla orantılı olarak, meyve sularının antioksidan aktivitesinde önemli bir artışa sebep olmuştur (Mastrodi-Salgado vd., 2012).

DPPH yöntemiyle antioksidan aktivitesi üzerine nar kabuğu ekstraktının her konsantrasyonunun arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). Portakal kabuğu ekstrakt konsantrasyonunun etkisi % 0 (Kontrol) ile % 1.1, % 0 (Kontrol) ile % 2.1 ve % 0 (Kontrol) ile % 3.2 arasındaki farklılık (p=0.001) hariç diğerleri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (p>0.05). Nar ve portakal

kabuğu ekstrakt karışımının her konsantrasyonunun arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

DPPH yöntemiyle antioksidan aktivitesi üzerine tüm konsantrasyonlardaki bütün meyve kabuk ekstraktı ilaveli örnekler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

En düşük DPPH yöntemiyle antioksidan aktivite değeri 0.0136 mM T/g ile Z örneğinde, en yüksek DPPH yöntemiyle antioksidan aktivite değeri ise 11.1812 mM T/g ile N₃ örneğinde tespit edilmiştir. Nar kabuğu ekstraktı ilavesi (N₁, N₂ ve N₃) antioksidan aktivite değerini artırmıştır. Portakal kabuğu ekstraktı ilavesi (P₁, P₂ ve P₃) ise antioksidan aktivite değerini minimal artırmıştır. Karışık nar-portakal kabuğu ekstraktı ilavesi (NP₁, NP₂ ve NP₃) ise ortalama olarak antioksidan aktiviteyi artırmıştır. Sonuçlar formülasyona eklenen ekstraktların antioksidan aktiviteyi artırabileceğini ve doğru kombinasyonun istenen antioksidan etkiyi sağlamada önemli olduğunu göstermektedir. Nar kabuğu ekstraktının antioksidan aktivitesi değeri 36137 mM T/g iken portakal kabuğu ekstraktının antioksidan aktivitesi 1211 mM T/g'dir. Katıldığı formülasyona olması gerekenden daha az antioksidan aktivite gösterdiği tespit edilmiştir. Formülasyon hazırlanırken yapılan işlemler, sıcaklığın 50°C olması ve dış atmosfere açık oksijen ile temasta bulunması gibi faktörler bunun sebebi olarak düşünülebilir.

İran'da yetiştirilen 20 nar çeşidinin fizikokimyasal özellikleri ve DPPH yöntemi ile antioksidan aktivitelerinin incelendiği bir çalışmada nar kabuğu ekstraktının yüksek antioksidatif özelliğe sahip olduğunu bulmuşlardır. Aynı zamanda antioksidan aktivitenin toplam fenolik, antosiyanin ve askorbik asit içeriği ile doğru orantılı olduğunu belirtmişlerdir (Okumuş vd., 2015).

Nar kabuğu ekstraktındaki fenolik maddelerin, antioksidan özellik göstermesinde önemli derecede rol oynadığı tahmin edilmektedir. Böyle bir sonuç gıda endüstrisinde takviye edici gıdaların daha çok ekstrakt kullanımına teşvik edebileceği düşünülmektedir. Çünkü ekstrakt, aynı zamanda antioksidan kaynağı olarak da kullanılabilir (Atalay ve Erge, 2018).

Sarojini vd. (2019), yaptıkları bir çalışmada etkili bir antioksidan olarak sardalya balık yağında nar kabuğu ekstraktının ileriye dönük kullanabilme potansiyelini araştırmışlardır. Uygun olan konsantrasyonu bulmak için üç farklı

ekstrakt konsantrasyonu (1000, 1500, 2000 ppm) kullanılmıştır. Ayrıca sentetik antioksidan bütillenmiş hidroksianisol ile karşılaştırılmıştır. Kontrol olarak herhangi bir antioksidan uygulanmayan sardalya (*Sardinella longiceps*) balık yağı kullanılmıştır. Sardalya balık yağında oluşan birincil ve ikincil oksidasyon ürünleri peroksit değeri ve tiyobarbitürik asit analizleri ile belirlenmiştir. Sonuç olarak, lipid oksidasyonunu yavaşlatmada sardalya balık yağında 2000 ppm ekstrakt konsantrasyonunun daha etkili olduğunu tespit etmişlerdir. Bu durum nar suyunun yan ürünü olan kabuk ekstraktının balık yağının lipid oksidasyonunu geciktirmede sentetik antioksidanlar yerine doğal antioksidan olarak kullanılabileceğini önermişlerdir.

Bopitiya ve Madhujith (2015), yaptıkları bir çalışmada nar kabuğunun, yağ içeren ürünlerde raf ömrünü ve kalitesini artırmak için büyük bir antioksidan potansiyeline sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Kanatt vd. (2010), yaptıkları çalışmada nar kabuğu ve nar çekirdeği ekstraktının antimikrobiyal ve antioksidan potansiyelini araştırmışlardır. Nar kabuğu ekstraktı iyi bir antioksidan aktivite gösterirken, çekirdek ekstraktı önemli bir aktiviteye sahip olmadığı belirtilmiştir. Popüler tavuk eti ürünlerine ekstrakt eklenmesi, soğutulmuş depolama sırasında raf ömrünü 2-3 hafta artırmıştır. Ekstraktın, tavuk ürünlerinde oksidatif acılaşmayı kontrol etmede de etkili olduğu belirtilmiştir.

Portakal kabuk ve posa gibi yan ürün ekstraktları yüksek askorbik asit, polifenoller ve minerallere sahiptir. Portakal yan ürünlerinin antioksidan aktivitesinin hem askorbik asitten hem de fenoliklerden geldiği belirtilmektedir. Portakal kabuğu, fenolik bileşikler (özellikle quercitrin, rutin ve quercetin) ve flavonoidler açısından zengin bir kaynaktır. Portakal kabuğundaki biyoaktif bileşikler, 2,2'-azino-bis (3-etil benzotiazolin-6-sülfonik asit) diamonyum tuzu (ABTS) ferrik indirgeyici antioksidan özelliği (FRAP) ve 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) radikal süpürücü özelliği iyi süpürme yeteneği taşımaktadır. Bu nedenle, portakal yan ürünleri ve ekstraktları, sağlığı teşvik eden bileşenleri nedeniyle fonksiyonel gıda geliştirmede kullanım potansiyeline sahip olduğu belirtilmiştir (Adiamo vd., 2018).

Manjunatha vd. (2019), yaptıkları çalışmada portakal kabuğu tozunun sade yağdaki antioksidan aktivitesini araştırmışlardır. Portakal kabuğu tozu (% 1, 1.5 ve 2) tereyağına ve hazırlanan sade yağa ilave edilerek hızlandırılmış depolama çalışması için $60\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de saklanmıştır. BHA (% 0.02) ve kontrol (herhangi bir katkı maddesi içermeyen) içeren sade yağ ise çalışma sırasında hazırlanıp, saklanarak analiz etmişlerdir. Hızlandırılmış durumda ($60^{\circ}\text{C}\pm 2$) saklanan sade yağ örneklerinin peroksit değeri ve tiyobarbütürik asit (TBA) değerleri, 16 günlük depolama süresi boyunca 4 gün aralıklarla analiz edilmiştir. Peroksit değeri ve TBA'nın tüm örneklerde arttığı gözlenmiştir. Peroksit değerindeki en az artış % 2 portakal kabuğu tozu ile muamele edilen numune olurken, TBA değerinde en az artış ise BHA ile muamele edilen numunede gözlenmiştir. Sonuç olarak portakal kabuğu tozu, sade yağdaki oksidatif bozulmayı azaltmak için doğal bir antioksidan kaynağı olarak kullanılabileceği belirlenmiştir.

Temirbekova (2020), yaptığı çalışmada süt ürünleri atığı olan yayık altı ve meyve suyu atığı olan portakal kabuğu ekstraktını farklı oranlarda kullanarak fonksiyonel kurut üretimi gerçekleştirmiştir. Kurut yüzyıllar boyu geleneksel olarak üretilen önemli fermente süt ürünlerinden birisidir. Yayık altı kullanım oranı % 50 iken, portakal kabuğu ekstraktı yapılan ön denemelerde tespit edilen oranlarda ürüne % 5, % 10 ve % 15 olarak eklenmiştir. Üretilen kurutlar vakum ambalajlama yapılarak oda sıcaklığında depolanmış olup depolamanın 1, 60, 90 ve 120. günlerinde kimyasal bileşim, pH, su aktivitesi (a_w), serbest yağ asitliği, konjugedien, renk, toplam fenolik madde miktarı, antioksidan özellikleri, mikrobiyal ve duyuşal özelliklerinden analiz edilmiştir. Portakal kabuğu ekstraktının eklenmesi kurutların kuru madde, protein, yağ, kül ve tuz miktarları yönünde önemli bir etki sağlamamıştır. Ekstrakt eklenmesi kurutların pH değerlerini azaltmış, asitlik, su aktivitesi, konjugedien, serbest yağ asitliği ve mikrobiyolojik analiz sonuçları üzerinde önemli ölçüde bir etkisi olmamıştır. Ekstrakt eklenmesi kurutların fenolik madde, DPPH radikal temizleyici aktivite ve ABTS+ Radikal Katyon Yakalama Aktivitesini önemli ölçüde etkilemiş, L^* ve b^* değerlerini azaltmış, a^* değerlerini ise artırmıştır. Depolama süresi boyunca pH, serbest yağ asitliği, ABTS+ Radikal Katyon Yakalama Aktivitesi ve a^* değerleri önemli ölçüde farklılık göstermiş, su aktivitesi, konjugedien, toplam fenolik madde miktarı, DPPH radikal süpürücü aktivite, mikrobiyolojik analiz sonuçları, L^* ve b^* değerlerinde ise önemli ölçüde bir

artma veya azalma tespit edilmemiştir. Duyusal anlamda yapılan değerlendirme sonucunda portakal kabuğu ekstraktının kullanımı panelistlerce önemli görülmemiş ve bütün örnekler kabul görülebilir puanlarla değerlendirilmiştir.

4.3.9.2. ABTS Yöntemi

Uçak modeli baskısının konsantrasyon ve ekstrakt çeşidine göre ABTS yöntemiyle antioksidan aktivitesi sonuçları mM T/g cinsinden Tablo 4.35'te verilmiştir.

Tablo 4.35. ABTS yöntemi sonuçları (mM T/g)

	N	P	NP
% 0	0.4869 ^{aa} ± 0.4869	0.4869 ^{aa} ± 0.4869	0.4869 ^{aa} ± 0.4869
% 1.1	2.7361 ^{cb} ± 0.1663	0.7277 ^{aa} ± 0.1188	1.3028 ^{bb} ± 0.2913
% 2.2	33.8946 ^{cc} ± 0.7302	2.4529 ^{ab} ± 0.1558	10.8440 ^{bc} ± 0.4018
% 3.2	45.2308 ^{cd} ± 1.5185	7.6216 ^{ac} ± 0.3306	23.3226 ^{bd} ± 0.4066

*: ortalama ± standart sapma

^{aa-c}: Aynı satırdaki küçük harfler ekstrakt çeşitlerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

^{A-D}: Aynı sütundaki büyük harfler ise konsantrasyonlarının karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

% 0: Kontrol Grubu (meyve kabuğu ekstraktı ilave edilmemiş örnekler), % 1.1: İçerisinde ağırlıkça % 1.1 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 2.2: İçerisinde ağırlıkça % 2.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 3.2: İçerisinde ağırlıkça % 3.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün örnekleridir.

N: Nar kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, P: Portakal kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, NP: Ağırlıkça 1:1 oranında nar ve portakal kabuğu ekstraktı karıştırılarak ilave edilen ürün örnekleridir.

ABTS yöntemiyle antioksidan aktivitesi üzerine meyve kabuk ekstraktlarının her konsantrasyonunun arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05).

ABTS yöntemiyle antioksidan aktivitesi üzerine tüm konsantrasyonlardaki bütün meyve kabuk ekstraktı ilaveli örnekler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05).

En düşük ABTS yöntemiyle antioksidan aktivitesi değeri 0.4869 mM T/g ile Z örneğinde, en yüksek ABTS yöntemiyle antioksidan aktivitesi değeri 45.2308 mM T/g ile N₃ örneğinde tespit edilmiştir. Nar kabuğu ekstraktının ilave edilmesi (N₁, N₂ ve N₃) antioksidan aktivitesi değerini artırmıştır. Portakal kabuğu ekstraktının ilave edilmesi (P₁, P₂ ve P₃) de minimal şekilde artırmıştır. Karışık nar-portakal kabuğu ekstraktının ilave edilmesi (NP₁, NP₂ ve NP₃) ise ortalama değer olarak artırmıştır. Nar kabuğu ekstraktının antioksidan aktivitesi değeri 30869 mM T/g iken portakal

kabuğu ekstraktının antioksidan aktivitesi 3550 mM T/g'dir. Katıldığı formülasyona olması gerekenden daha az antioksidan aktivite gösterdiği tespit edilmiştir. Formülasyon hazırlanırken yapılan işlemler, sıcaklığın 50°C olması ve dış atmosfere açık oksijen ile temasta bulunması gibi faktörler bunun sebebi olarak düşünülmektedir.

4.3.10. Toplam Fenolik Madde Miktarı

Uçak modeli baskısının konsantrasyon ve ekstrakt çeşidine göre toplam fenolik madde miktarı sonuçları mg GAE/100mL cinsinden Tablo 4.36'da verilmiştir.

Tablo 4.36. Toplam fenolik madde miktarı sonuçları (mg GAE/100ml)

	N	P	NP
% 0	7.0358 ^{aA} ± 7.0358	7.0358 ^{aA} ± 7.0358	7.0358 ^{aA} ± 7.0358
% 1.1	41.5327 ^{cB} ± 0.7916	14.9603 ^{aB} ± 2.5146	28.9244 ^{bB} ± 5.1310
% 2.2	70.1459 ^{cC} ± 1.099	22.7539 ^{aC} ± 1.2430	42.6495 ^{bC} ± 2.4086
% 3.2	95.3201 ^{cD} ± 2.8053	33.1622 ^{aD} ± 2.5787	53.4986 ^{bD} ± 2.3957

*: ortalama ± standart sapma

^{a-c}: Aynı satırdaki küçük harfler ekstrakt çeşitlerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

^{A-D}: Aynı sütundaki büyük harfler ise konsantrasyonlarının karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

% 0: Kontrol Grubu (meyve kabuğu ekstraktı ilave edilmemiş örnekler), % 1.1: İçerisinde ağırlıkça % 1.1 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 2.2: İçerisinde ağırlıkça % 2.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 3.2: İçerisinde ağırlıkça % 3.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün örnekleridir.

N: Nar kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, P: Portakal kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, NP: Ağırlıkça 1:1 oranında nar ve portakal kabuğu ekstraktı karıştırılarak ilave edilen ürün örnekleridir.

Toplam fenolik madde miktarı üzerine meyve kabuk ekstraktlarının her konsantrasyonunun arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05).

Toplam fenolik madde miktarı üzerine tüm konsantrasyonlardaki bütün meyve kabuk ekstraktı ilaveli örnekler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05).

En düşük toplam fenolik madde değeri 7.0358 mg GAE/100 ml ile Z örneğinde, en yüksek toplam fenolik madde değeri ise 95.3201 mg GAE/100 ml ile N₃ örneğinde tespit edilmiştir. Nar kabuğu ekstraktının ilave edilmesi (N₁, N₂ ve N₃) toplam fenolik madde miktarını artırmıştır. Portakal kabuğu ekstraktının ilave edilmesi (P₁, P₂ ve P₃) de toplam fenolik madde miktarını artırmıştır. Karışık nar-portakal kabuğu ekstraktının ilave edilmesi (NP₁, NP₂ ve NP₃) ise ortalama değer

olarak artırmıştır. Nar kabuğu ekstraktının toplam fenolik madde değeri 10101 mg GAE/100ml iken portakal kabuğu ekstraktının antioksidan aktivitesi 673 mg GAE/100ml'dir. Ekstraktlar formülasyonlara % 1.1, % 2.2 ve % 3.2 oranlarında katılmıştır. Formülasyon hazırlanırken yapılan proses işlemleri, sıcaklık 50°C iken ekstraktların ilave edilmesi, karıştırılırken oksijen ile temasta bulunulması toplam fenolik miktar bileşimini azaltıcı etki göstermiştir.

Fenolik bileşik açısından fazlaca zengin olan nar kabuğu, meyve suyu sektörünün değerli bir artık ürünüdür. Aynı zamanda fonksiyonellik açısından büyük potansiyele sahiptir. Nar meyvesinin kabuğu ile ilgili olan çalışmalar incelendiğinde nar kabuğu ekstraktlarının, çekirdek ve posa ekstraktlarına göre yaklaşık olarak on kat daha fazla toplam fenolik madde içerdiği ve daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu ifade edilmektedir (Yanık, 2019). Nar kabuğunun fenolik bileşen içeriği katıldığı ürüne renk, acılık ve burukluk verebilmekte ve duyuşsal özellikleri üzerinde önemli rol oynayabilmektedir (Okumuş, 2016). Nar meyvesinin kabuğunda etli olan kısmından daha fazla oranda toplam fenolik, proantosiyanın ve flavonoid bileşikler bulunduğu belirtilmektedir (Atalay ve Erge, 2018).

Nar kabuğunda fenolik bileşikler ilk olarak kateşin, antosiyanın ve diğer kompleks flavanoidler başta olmak üzere gallik asit, ellagik asit, punikalagin, punikalin gibi tanenleri de beraberinde saptandığı belirtilmektedir (Elaltunkara, 2018). Kumar vd. (2022), yaptıkları bir çalışmada nar kabuğunun (*Punica granatum L.*), yüksek miktarda biyoaktif fenolik madde ve flavonoid bileşikler içerdiğini bildirmiştir.

Nar meyvesi, önemli oranda farklı fenolik bileşik içermesi ile en sağlıklı meyvelerden bir tanesidir. Nar meyvesinin meyve suyuna dönüştürülmesi, kabuklar ve tohumlar gibi büyük miktarlarda yan ürünler üreterek çevre kirliliğine yol açmaktadır. Kabuğunda yenilebilen etli olan kısımlardan daha çok miktarda fenolik asit, flavonoid ve tanenler olmak üzere biyoaktif bileşikler bulunmaktadır. Bu bileşikler, sırayla yağlı gıdalarda lipit peroksidasyon sürecini engelleyen serbest radikalleri temizleyen, mikroorganizmaların büyümesine engel olan antioksidan ve antimikrobiyal özelliklere sahiptirler. Zenginleştirilmiş gıda sistemleri (örneğin et, kümes hayvanları ve balık ürünleri, süt ürünleri, yenilebilir sıvı ve katı yağlar), eklenen ekstraktın formu (ham veya kapsüllenmiş), kullanılan ekstraksiyon yöntemi, ekstrakt konsantrasyonu önemli yer teşkil etmektedir. Ham veya kapsüllenmiş nar

kabuğu ekstraktı, patojenik mikroorganizmaların büyümesini engellemesinin yanı sıra oksidasyonu da önleyerek işleme, depolama veya gastrointestinal sindirim koşullarında gıda stabilitesini arttırıcı yönde faaliyetlerde bulunduğu bildirilmektedir (Kaderides vd. 2021).

Portakal kabuğunun geniş ve zengin bir fenolik madde yelpazesi vardır. Toplam fenol ve flavonoid içerikleri, olgunlaşmamış ve yarı olgun aşamalarda genellikle bol miktarda bulunmaktadır. Ancak olgunlaşma döneminde daha düşük seviyelerde bulunduğu belirtilmektedir. Flavedo, birkaç fenolik asit, flavonol, flavon ve özellikle polimetoksiflavonoidler açısından albedodan çok daha zengindir. Flavanonlar, genellikle albedoda eşit veya çok daha yüksek seviyelerde mevcut bulunabilmektedir. Dolayısıyla bu tarımsal atığın mükemmel bir doğal fonksiyonel bileşen kaynağı olma potansiyelinin yüksek olduğu belirtilmiştir (Wang vd., 2022).

Adiamo vd. (2018), yaptıkları çalışmada portakal kabuğu ekstraktının havuç suyuna etkisini incelemişlerdir. Havuç suyuna, fenolik yönünden zenginleştirilmiş portakal kabuğu ekstraktların eklenmesinin, havuç suyunun fenolik madde içeriğini ve antioksidan aktivitesini arttırdığını gözlemlemişlerdir. Zaman ve sıcaklık gibi termosonikasyon işlemi değişkenlerinin, fonksiyonel havuç suyunun toplam fenolik içeriği ve DPPH süpürme aktivitesi üzerinde ana etkileri olduğu gözlenmiştir. Ekstrakt içeren meyve suyunda daha yüksek miktarlarda fenolik ve antiradikal aktivite tespit etmişlerdir. Havuç suyunun portakal kabuğu ekstraktı ile optimal koşullarda termosonikasyonu, saptanabilir bir mikrobiyal büyüme ile sonuçlanmamıştır. Ayrıca, kontrol (termal olarak pastörize edilmiş) meyve suyu örnekleriyle karşılaştırıldığında fonksiyonel havuç suyunun fenolik içerikleri ve antiradikal aktivitesi iyileştirilmiştir. Sonuç olarak fonksiyonel havuç suyunun çeşitli kalite özellikleri için termosonikasyon ve proses optimizasyon teknikleri, fonksiyonel gıdaların sağlık yararlarını en üst düzeye çıkarmak için etkili bir şekilde kullanılabileceği belirtilmiştir.

El-Messery vd. (2019), yapmış oldukları çalışmada yoğurda portakal kabuğu ekstrakt ilavesinin etkilerini araştırmışlardır. Farklı portakal kabuğu konsantrasyonları ekstrakte edilmiş sulu portakal kabuğu ekstraktları koaservasyon yöntemi kullanılarak kapsüllenmiştir. Peynir altı suyu proteini konsantresi ve arap zımmı farklı oranlarda ilave edilmiştir. Yoğurda kapsüllenmiş portakal kabuğu ekstraktı ilave edilmiş olup kapsüller için kapsülleme etkinliği, soğuk depolama

sırasında (taze, 7 ve 15 gün) yoğurt örneklerinin fenolik içeriği, fizyokimyasal ve tekstür özellikleri değerlendirilmiştir. Yoğurt örneklerinin fizikokimyasal ve doku özellikleri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı gözlemlenmiştir. Takviyeli yoğurdun organoleptik özellikleri değerlendiren kişilerden kabul edilebilir lezzet ve tatmin edici puanlar elde edilmiştir. Sonuç olarak yoğurtta portakal kabuğu ekstraktı taşıyıcısı olarak mikrokapsüllerin uygulanması başarılı bir şekilde uygulanabilecek en iyi potansiyeline sahip olduğu belirtilmiştir.

4.3.11. Amino Asit Kompozisyonu

Amino asit kompozisyonu için lor, lor tozu ve lor bazlı formülasyon (ekstrakt katkısız uçak modeli) incelenmiştir. Ekstraktlarda protein oranı çok düşük olduğu için ekstrakt katkılı örneklerde amino asit kompozisyonu incelenmemiştir. Lor, lor tozu ve lor bazlı formülasyon amino asit sonuçları Tablo 4.37’de gösterilmiştir.

Tablo 4.37. Lor, lor tozu ve lor bazlı formülasyonun amino asit kompozisyon sonuçları

	Lor (mg/100g)	Lor Tozu (mg/100g)	Lor Bazlı Formülasyon (mg/100g)
Alanin (Ala)	488	2660	563
Glisin (Gly)	230	1117	259
Valin (Val)	664	3670	694
Lösin (Leu)	1130	6113	1258
İsolösin (Ile)	625	3338	655
Treonin (Thr)	426	2850	482
Serin (Ser)	409	2366	513
Prolin (Pro)	807	4098	817
Arjinin (Arg)	140	370	127
Aspartik asit (Asp)	277	928	338
Metionin (Met)	208	1067	232
Glutamik asit (Glu)	901	3632	1120
Fenilalanin (Phe)	472	2463	469
Lizin (Lys)	1518	4370	1493
Histidin (His)	162	1154	222
Tirozin (Tyr)	390	1851	399

Sonuçlar değerlendirildiğinde lor peynirinde, lor tozunda ve lor bazlı formülasyonda Lösin (Leu) amino asidinin oransal olarak diğer amino asitlerden daha fazla bulunduğu tespit edilmiştir. Lor peynirinden, lor bazlı formülasyon üretiminde Prolin (Pro) ve Fenilalanin (Phe) değerlerinin azalış gösterdiği diğer amino asitlerin ise artış gösterdiği tespit edilmiştir. Bu azalışın lor peynirine uygulanan kurutma işleminden, artışın ise katılan yardımcı bileşenlerden meydana geldiği düşünülmektedir.

Yetişkin bir insanın tüketmesi için tavsiye edilen amino asit değerleri ile karşılaştırdığımızda 100 gram lor bazlı formülasyon tüketildiğinde Isolösin ihtiyacının % 47'sini, Lösin ihtiyacının % 58'ini, Lizin ihtiyacının % 80'ini, Metionin ihtiyacının % 11'ini, Fenilalanin ihtiyacının % 19'unu, Treonin ihtiyacının % 46'sını ve Valin ihtiyacının ise % 41'ini karşılayabileceği düşünülmektedir (Stuart vd., 2008).

4.3.12. Aroma Bileşimi

Aroma maddeleri gıda ürünlerine istenilen oranda tat, koku, lezzet gibi özellikler kazandırmakta ve pazarda kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Kullanılan aroma maddeleri gıda endüstrisinde üç gruba ayrılmaktadır. Bunlar yapay aroma maddeleri, doğala özdeş aroma maddeleri ve doğal aroma maddeleri adı altında toplanmaktadır. Doğal aroma maddeleri doğal bir materyalden fiziksel, enzimatik ya da mikrobiyolojik yollarla elde edilmektedir. Doğala özdeş olan aroma maddeleri doğal bir materyal kullanılmadan kimyasal sentez yollarıyla elde edilen maddelerdir. Yapay aroma maddeleri ise doğada olmayan ve sentez yoluyla elde edilen maddelerdir (Batu ve Molla, 2008; Kıvanç, 1989).

Günümüzde aromatik bitkilerin doğal antioksidan olabilme potansiyeli açısından önemli olduğu vurgulanmaktadır (Marzouk, 2013). Gıdaların aroma kompozisyonu yüzlerce farklı uçucu bileşenin ortak etkisi sonucu oluşmaktadır. Her bir bileşenin aroma yapısına katkısı farklı seviyelerde olabilmektedir. Düşük konsantrasyonlarda bulunup gıdanın aromasını oluşturan bu uçucu maddelere aroma aktif bileşenler denilmektedir. Aroma aktif bileşenler, gıdalarda, ppm ve ppb gibi çok düşük konsantrasyonlarda bulunmaktadırlar. İnsan burnu tarafından düşük konsantrasyonlarda olsalar dahi algılanabilmektedirler. Her aroma aktif bileşenin aroma belirleme eşik değerleri benzer olmayabilmektedir. Söz edilen bu bileşenlerin

gıda matrisinde bulunan diğer uçucu bileşenlerden farkı, aroma analizleri açısından önem arz etmektedir. Nar ve portakal örneklerinin tamamında aroma aktif bileşikler açısından aldehit, keton, asit, ester, terpen ve terpenol bileşikleri hem koku yapısına etkisi hem de sayısı bakımından dikkat çekici bulunduğu bildirilmiştir (Güneşer ve Yüceer, 2010; Erdoğan, 2019).

Portakal, limon ve mandalina kabuk yağları, karakteristik aroma yapıları oluşturan uçucu bileşikler taşıdıklarından dolayı, gıda ve içecek endüstrisinde yaygın olarak tercih edilmektedirler. Bu yağların biyolojik yapıları ve izolasyonları için kullanılan ekstraksiyon prosesler kompozisyonlarına etki eden başlıca faktörlerdir. Aromatik yağların kimyasal bileşimindeki değişiklikler, içecek emülsiyonları oluşturma yeteneği ve bu ürünlerdeki stabilitelere etki eden fizikokimyasal özelliklerinde de (suda çözünürlük, yoğunluk, viskozite, refraktif indeks ve optik özellikler gibi) bazı farklılıkların ortaya çıkmasına da sebep olabilmektedir. Portakal, limon ve mandalina kabuk yağları uçucu bileşikler taşıdıkları için spesifik aroma karakteristiklerini katıldıkları ürünlere vererek gıda ve içecek sektöründe yaygın olarak kullanılabilen aroma ajanları olduklarını göstermişlerdir (Şenocak vd., 2019).

Alkol grubu adı altında 12 farklı aromatik bileşik tespit edilmiştir. Toplam alkol içeriği incelendiğinde 1-Heptanol, 1-Hexanol (CAS) n-Hexanol, 1-Nonanol, 1-Octanol, dimethyl- (CAS) Dimethyl octanol, 1-Octanol, 1-Octanol, 1-Tetradecanol (CAS) Alfol 14, 2,7-Dimethyl-2,7-octanediol, 3-Cyclohexene-1-methanol, .alpha.,.alpha.,4-trimethyl-, (S)- (CAS) p-Menth-1-en-8-ol, (S)-(-)-, Ethanol (CAS) Ethyl alcohol ve Isocineole grubu aroma bileşenleri tüm formülasyonlarda tespit edilmiştir.

Ester grubu içerisinde 15 farklı bileşen elde edilmiştir. Bunlardan .beta.-Terpinyl acetate, 1,2,3-Propanetriol, diacetate, 1,2-Benzenedicarboxylic acid, diethyl ester (CAS) Ethyl phthalate, 3-Hexen-1-ol, acetate, (Z)- (CAS) cis-3-Hexenyl acetate, 4-Terpinenyl ester of n-butanoic acid, 5-HEPTYLPENTAN-5-OLIDE, Acetic acid ethenyl ester (CAS) Vinyl acetate, Butanoic acid, 2-methylpropyl ester (CAS) Isobutyl butanoate, Butanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl butyrate, Butanoic acid, propyl ester (CAS) Propyl butyrate, Ethyl linoleate, Hex-3(Z)-enyl acetate, Linalyl formate, Linalyl propionate ve Triacetintüm örneklerde belirlenmiştir.

Aldehit grubunda 10 bileşik tespit edilmiştir. Bunlar; 2-Hexenal, (E)- (CAS) (E)-2-Hexenal, 2-Nonenal, (E)-, Benzaldehyde, Capraldehyde, cis-3-Hexenal, Decanal (CAS) n-Decanal, Heptanal, N-Heptanal, Nonanal (CAS) n-Nonanal ve NONENAL'dır.

Keton grubu içerisinde 17 bileşik tespit edilmiştir. Bunlar; 2,3-Butanedione, 2,4-Cycloheptadien-1-one, 2,6,6-trimethyl- (CAS) Eucarvone, 2-Butanone, 3-hydroxy- (CAS) Acetoin, 2-Butanone, 3-methyl- (CAS) 3-Methyl-2-butanone, 2H-Pyran-2-one, 6-heptyltetrahydro- (CAS) .DELTA.-LAUROLACTONE, 2-Nonanone (CAS) Methyl heptyl ketone, 2-Tridecanone (CAS) Methyl undecyl ketone, 2-Tridecanone, 2-Undecanone, 3,5-Octadien-2-one, 6-Hepten-3-one, 4-methyl- (CAS) 4-METHYLHEPT-6-EN-3-ONE, 6-Methyl-5-hepten-2-one, Amyl methyl ketone, Decalactone <delta->, DoDecalactone <delta->, Hept-5-en-2-one <6-methyl->, Methyl undecyl ketone bileşikleri tüm örneklerde elde edilmiştir.

Alken grubu içerisinde 14 bileşik tespit edilmiştir. Bunlar; (+)-4-Carene, .ALPHA.-TERPINOLENE, .beta.-Myrcene, 1-Octene (CAS) Caprylene, 2-.BETA.-PINENE, 2-Butyl-1-decene, 2-Dodecene, (E)- (CAS), 5-Octadecene, (E)- (CAS), Copaene <alpha->, D-Limonene, Limonene, Mentha-1,4,8-triene, Myrcene ve R(+)-LIMONEN'dir.

En fazla bileşik tespit edilen asit grubu içerisinde 23 bileşik tespit edilmiştir. Bunlar; 12-Hydroxy-dodecanoic acid, lactone, 2-PROPYNOIC ACID, 9 DECENOIC ACID, 9-Hexadecenoic acid (CAS), Acetic acid (CAS) Ethylic acid, Benzoic acid (CAS) Retardex, BUT-3-YNOIC ACID, Butanoic acid (CAS) n-Butyric acid, Butanoic acid, 3-methyl-, Caproleic acid, Decanoic acid (CAS) Capric acid, Enanthic acid, Heptanoic acid, Hexanoic acid (CAS) n-Hexanoic acid, Nonanoic acid (CAS) Nonoic acid, Octanoic Acid, Caprylic acid, Pentadecanoic acid (CAS) Pentadecylic acid, Pentanoic acid (CAS) Valeric acid, Tetradecanoic acid (CAS) Myristic acid, Tridecanoic acid (CAS) Tridecylic acid, Undecylenic Acid, Z-11-Tetradecenoic acid ve Z-8-Methyl-9-tetradecenoic acid'dir.

Alkan grubu içerisinde 14 bileşik tespit edilmiştir. Bunlar; Eicosane, Heneicosane, Heptadecane, 8-methyl- (CAS) 8-Methylheptadecane, Hexadecane, Octadecane (CAS) n-Octadecane, Pentadecane, Pentane, 2,2,4-trimethyl- (CAS) 2,2,4-Trimethylpentane ve Tetradecane (CAS) n-Tetradecane'dir.

Aroma bileşiklerinin geriye kalan bileşenlerinden pirazin bileşikler; Pyrazine, tetramethyl- ve Pyrazine, trimethyl-'dir. Sikloalkanlardan: Cyclooctane, 1,5-dimethyl- (CAS) ve Cyclopropane, 1-hexyl-2-propyl-, cis- (CAS)'dır. Siloksan olarak Cyclohexasiloxane, dodecamethyl- (CAS) Dodecamethylcyclohexasiloxane 'dır. Terpenlerden Farnesene'dir. Benzenlerden Benzene, 1,3-dichloro- (CAS) m-Dichlorobenzene ve Benzene, 1,4-dichloro- (CAS) p-Dichlorobenzene bileşikleridir. Diğer olarak gruplananlar ise 1,8-Cineole, Cineole <1,4-> ve EUCALYPTOL (1,8-CINEOLE) ve Phenol (CAS) İzal'dır.

Nar ve portakal kabuğu ekstraktı ilave edilmiş formülasyonlara ait aroma bileşenlerinin % relatif pik alanlarına ait tablo Ek 12'de gösterilmiştir. Ekstrakt ilavesiz (Z) formülasyondaki başlıca aroma aktif bileşenler Kaprilik asit, Kaprik asit, Laurik asit, Miristik asit, Hekzanoik asit, D-limonen, Farnesen, Benzen, Kaproleik asit, Etil linoleat, Nonanal, Bütanoik asit ve tetrametil pirazin olmuştur. Nar kabuğu ekstraktı ilaveli formülasyonlarda (N₁, N₂ ve N₃) ise farklı olarak D-limonen, asetik asit ve benzaldehit daha yüksek oranda tespit edilmiştir. Portakal kabuğu ekstraktı ilaveli formülasyonlarda (P₁, P₂ ve P₃) ise farklı olarak D-limonen, hekzanoik asit ve pentanoik asit daha yüksek oranda tespit edilmiştir. Nar + Portakal kabuğu ekstraktı ilaveli formülasyonlarda (NP₁, NP₂ ve NP₃) ise farklı olarak yine D-limonen, hekzanoik asit, asetik asit ve pentanoik asit daha yüksek oranda tespit edilmiştir.

4.3.13. Duyusal Analiz

Nar kabuğunun fenolik bileşen içeriği katıldığı ürüne renk, acılık ve burukluk verebilmekte ve duyusal özellikleri üzerine önemli derecede etki edebilmektedir (Okumuş, 2016).

Am vd. (2019), yaptıkları çalışmada nar kabuklarının etanol ile ekstraktından % 1 ve % 2 oranında alarak yoğurda katmışlardır. 4°C'de 14 gün saklamış ve daha sonrasında duyusal analiz yapmışlardır. Sonuçların kabul edilebilir olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca nar kabuklarının etanolik ekstraktlarının yoğurt muhafazasında niteliği artırmak için yararlanılabileceği kanısına varmışlardır.

Zenginleştirilmiş domates ve çilekli portakal meyve sularının her iki lezzeti de yüksek antioksidan sergilemesine rağmen daha yüksek nar kabuğu ekstrakt konsantrasyonlarına sahip numuneler, nar kabuklarının karakteristik buruk tadı sebebiyle duyusal analiz katılımcılarından en düşük notları almışlardır. Bundan

dolayı tüketici pazarında daha fazla kabul görmek için, domates suyu ve çilekli portakal suyunda kurutulmuş nar kabuğu ekstraktının en fazla ilavesinin % 0.5 olması gerektiği sonucuna varmışlardır (Mastrodi-Salgado vd., 2012).

Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyonun konsantrasyon ve ekstrakt çeşidine göre renk sonuçları Tablo 4.38’de verilmiştir.

Tablo 4.38. Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyonun renk sonuçları

	N	P	NP
% 0	8.3000 ^{aC} ± 0.1263	8.3000 ^{aB} ± 0.1263	8.3000 ^{aD} ± 0.1263
% 1.1	7.4500 ^{aB} ± 0.0745	8.2500 ^{bB} ± 0.0589	7.3833 ^{aC} ± 0.2472
% 2.2	6.7166 ^{aA} ± 0.1825	7.7833 ^{bA} ± 0.2091	7.0000 ^{aB} ± 0.2124
% 3.2	6.6666 ^{aA} ± 0.1020	7.7166 ^{bA} ± 0.0456	6.6666 ^{aA} ± 0.0833

*: ortalama ± standart sapma

^{a-b}: Aynı satırdaki küçük harfler ekstrakt çeşitlerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

^{A-D}: Aynı sütundaki büyük harfler ise konsantrasyonlarının karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

% 0: Kontrol Grubu (meyve kabuğu ekstraktı ilave edilmemiş örnekler), % 1.1: İçerisinde ağırlıkça % 1.1 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 2.2: İçerisinde ağırlıkça % 2.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 3.2: İçerisinde ağırlıkça % 3.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün örnekleridir.

N: Nar kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, P: Portakal kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, NP: Ağırlıkça 1:1 oranında nar ve portakal kabuğu ekstraktı karıştırılarak ilave edilen ürün örnekleridir.

Renk üzerine nar kabuğu ekstrakt konsantrasyonunun etkisi % 2.2 ile % 3.2 arasındaki farklılık (p=0.925) hariç diğerleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). Portakal kabuğu ekstrakt konsantrasyonunun etkisi % 0 (Kontrol) ile % 1.1 arasındaki farklılık (p=0.925) ve % 2.2 ile % 3.2 arasındaki farklılık (p=0.842) hariç diğerleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). Nar ve portakal kabuğu ekstrakt karışımının her konsantrasyonunun arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05).

Renk üzerine % 1.1 konsantrasyonundaki N ve NP örneği arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli olmayıp (p=0.774) diğer örnekler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). % 2.2 konsantrasyonundaki N ve NP örneği arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli olmayıp (p=0.108) diğer örnekler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). % 3.2 konsantrasyonundaki N ve NP örneği arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli olmayıp (p=1.000) diğer örnekler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05).

En düşük renk puanı 6.67 ile N₃ ve NP₃ örneklerinde, en yüksek renk puanı ise 8.30 ile Z ve 8.25 ile P₁ örneğinde tespit edilmiştir. Nar kabuğu ekstraktı ilavesi (N₁, N₂ ve N₃) ve karışık nar-portakal kabuğu ekstraktı ilavesi (NP₁, NP₂ ve NP₃) renk puanlarını genellikle azaltmıştır. Bu, ekstraktların formülasyondaki pigmentasyon etkisiyle ilişkilendirilebilir. Ekstrakt ilavesi arttıkça, renk puanları düşmüştür. Portakal kabuğu ekstraktı ilavesi ise (P₁, P₂ ve P₃), renk puanlarını minimal azaltmıştır. Portakal kabuğunda bulunan doğal pigmentler lor bazlı formülasyonu fazla etkilememiştir.

Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyonun konsantrasyon ve ekstrakt çeşidine göre görünüş sonuçları Tablo 4.39’da verilmiştir.

Tablo 4.39. Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyonun görünüş sonuçları

	N	P	NP
% 0	8.2000 ^{aB} ± 0.0745	8.2000 ^{aBC} ± 0.0745	8.2000 ^{aB} ± 0.0745
% 1.1	7.3833 ^{aA} ± 0.1727	8.4666 ^{bC} ± 0.1728	7.5000 ^{aA} ± 0.2946
% 2.2	7.2999 ^{aA} ± 0.2801	7.9666 ^{bAB} ± 0.3259	7.1333 ^{aA} ± 0.3038
% 3.2	6.9666 ^{aA} ± 0.3845	7.7166 ^{bA} ± 0.3259	7.0833 ^{aA} ± 0.2700

*: ortalama ± standart sapma

^{a-b}: Aynı satırdaki küçük harfler ekstrakt çeşitlerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

^{A-C}: Aynı sütundaki büyük harfler ise konsantrasyonlarının karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

% 0: Kontrol Grubu (meyve kabuğu ekstraktı ilave edilmemiş örnekler), % 1.1: İçerisinde ağırlıkça % 1.1 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 2.2: İçerisinde ağırlıkça % 2.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 3.2: İçerisinde ağırlıkça % 3.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün örnekleridir.

N: Nar kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, P: Portakal kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, NP: Ağırlıkça 1:1 oranında nar ve portakal kabuğu ekstraktı karıştırılarak ilave edilen ürün örnekleridir.

Görünüş üzerine nar kabuğu ekstrakt konsantrasyonunun etkisi % 0 (Kontrol) ile % 1.1 arasındaki farklılık (p=0.001), % 0 (Kontrol) ile % 2.2 arasındaki farklılık (p=0.001) ve % 0 (Kontrol) ile % 3.2 arasındaki farklılık (p=0.001) hariç diğerleri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (p>0.05). Portakal kabuğu ekstrakt konsantrasyonunun etkisi % 0 (Kontrol) ile % 3.2 arasındaki farklılık (p=0.033), % 1.1 ile % 2.2 arasındaki farklılık (p=0.027) ve % 1.1 ile % 3.2 arasındaki farklılık (p=0.001) hariç diğerleri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (p>0.05). Nar ve portakal kabuğu ekstrakt karışım konsantrasyonunun etkisi % 0 (Kontrol) ile % 1.1 arasındaki farklılık (p=0.002), % 0 (Kontrol) ile % 2.2 arasındaki farklılık (p=0.001) ve % 0 (Kontrol) ile % 3.2 arasındaki farklılık (p=0.001) hariç diğerleri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (p>0.05).

Görünüş üzerine % 1.1 konsantrasyonundaki N ve NP örneği arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli olmayıp ($p=0.689$) diğer örnekler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). % 2.2 konsantrasyonundaki N ve NP örneği arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli olmayıp ($p=0.670$) diğer örnekler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). % 3.2 konsantrasyonundaki N ve NP örneği arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli olmayıp ($p=0.844$) diğer örnekler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

En düşük görünüş puanı 6.97 ile N₃ örneğinde, en yüksek görünüş puanı ise 8.47 ile P₁ örneğinde tespit edilmiştir. Nar kabuğu ekstraktı ilavesi (N₁, N₂ ve N₃) ve karışık nar-portakal kabuğu ekstraktı ilavesi (NP₁, NP₂ ve NP₃) genellikle görünüş puanlarını azaltmıştır. Portakal kabuğu ekstraktı ilavesi (P₁, P₂ ve P₃) görünüş puanlarını P₁'de artırmış P₂ ve P₃'de minimal azaltmıştır. Portakal kabuğunda bulunan doğal bileşiklerin formülasyona katkısı, ürünün daha çekici ve görsel olarak hoş görünmesine yardımcı olabilir. Ekstraktların formülasyondaki rengin yanı sıra tekstür, parlaklık veya homojenlik gibi diğer görünüş özelliklerine de bağlantılı olarak etki edebilmektedir. Sürülebilir peynir ürünleri tüketici nezdinde krem beyaz renkte algılandığı için haricinde olan renkler panelist gözünde düşük puanlar alabilmesine sebebiyet vererek görünüşü etkileyebilmektedir.

Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyonun konsantrasyon ve ekstrakt çeşidine göre tat sonuçları Tablo 4.40'da verilmiştir.

Tablo 4.40. Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyonun tat sonuçları

	N	P	NP
% 0	6.6166 ^{aB} ± 0.0950	6.6166 ^{aB} ± 0.0950	6.6166 ^{aD} ± 0.0950
% 1.1	6.5000 ^{bB} ± 0.0589	6.3166 ^{abB} ± 0.0697	6.0826 ^{aC} ± 0.2627
% 2.2	6.4333 ^{bB} ± 0.1989	5.4666 ^{aA} ± 0.4587	5.6333 ^{aB} ± 0.0950
% 3.2	5.7000 ^{aA} ± 0.6577	5.1333 ^{aA} ± 0.3935	5.0500 ^{aA} ± 0.3564

*: ortalama ± standart sapma

^{a-b}: Aynı satırdaki küçük harfler ekstrakt çeşitlerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

^{A-D}: Aynı sütundaki büyük harfler ise konsantrasyonlarının karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

% 0: Kontrol Grubu (meyve kabuğu ekstraktı ilave edilmemiş örnekler), % 1.1: İçerisinde ağırlıkça % 1.1 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 2.2: İçerisinde ağırlıkça % 2.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 3.2: İçerisinde ağırlıkça % 3.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün örnekleridir.

N: Nar kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, P: Portakal kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, NP: Ağırlıkça 1:1 oranında nar ve portakal kabuğu ekstraktı karıştırılarak ilave edilen ürün örnekleridir.

Tat üzerine nar kabuğu ekstraktının her konsantrasyonunun arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Portakal kabuğu ekstrakt konsantrasyonunun etkisi % 0 (Kontrol) ile % 1.1 arasındaki farklılık ($p=0.438$) ve % 2.2 ile % 3.2 arasındaki farklılık ($p=0.350$) hariç diğerleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Nar ve portakal kabuğu ekstrakt karışım konsantrasyonunun etkisi % 1.1 ile % 2.2 arasındaki farklılık ($p=0.089$) ve % 2.2 ile % 3.2 arasındaki farklılık ($p=0.111$) hariç diğerleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Tat üzerine % 1.1 konsantrasyonundaki N ve P örneği arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli olup ($p=0.006$) diğer örnekler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). % 2.2 konsantrasyonundaki P ve NP örneği arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli olmayıp ($p=0.653$) diğer örnekler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). % 3.2 konsantrasyonundaki her örnek arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$).

En düşük tat puanı 5.05 ile NP₃ örneğinde, en yüksek tat puanı ise 6.62 ile Z örneğinde tespit edilmiştir. Genel olarak, ekstrakt ilavesi tüm örneklerde tat puanlarını düşürmüştür. Ekstraktlar formülasyondaki tat profiline ve algılanan lezzete etki ettiği düşünülmektedir. Konsantrasyon % 3.2 olduğunda tat puanları diğer konsantrasyonlara göre daha belirgin düşmüştür. Kabuklardaki tat bileşiklerinin, formülasyona ait profil üzerinde istenmeyen etkiler gösterdiği bulunmuştur.

Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyonun konsantrasyon ve ekstrakt çeşidine göre yapı sonuçları Tablo 4.41’de verilmiştir.

Tablo 4.41. Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyonun yapı sonuçları

	N	P	NP
% 0	7.1333 ^{aB} ± 0.0456	7.1333 ^{aA} ± 0.0456	7.1333 ^{aB} ± 0.0456
% 1.1	7.2000 ^{bB} ± 0.0745	7.3666 ^{bA} ± 0.0456	6.8666 ^{aAB} ± 0.3038
% 2.2	7.1333 ^{bB} ± 0.0950	7.1500 ^{bA} ± 0.2312	6.6166 ^{aA} ± 0.1118
% 3.2	6.6166 ^{aA} ± 0.0950	7.1500 ^{bA} ± 0.1490	6.5333 ^{aA} ± 0.2922

*: ortalama ± standart sapma

^{a-b}: Aynı satırdaki küçük harfler ekstrakt çeşitlerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

^{A-B}: Aynı sütundaki büyük harfler ise konsantrasyonlarının karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

% 0: Kontrol Grubu (meyve kabuğu ekstraktı ilave edilmemiş örnekler), % 1.1: İçerisinde ağırlıkça % 1.1 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 2.2: İçerisinde ağırlıkça % 2.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 3.2: İçerisinde ağırlıkça % 3.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün örnekleridir.

N: Nar kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, P: Portakal kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, NP: Ağırlıkça 1:1 oranında nar ve portakal kabuğu ekstraktı karıştırılarak ilave edilen ürün örnekleridir.

Yapı üzerine nar kabuğu ekstrakt konsantrasyonunun etkisi % 0 (Kontrol) ile % 3.2 arasındaki farklılık (p=0.001), % 1.1 ile % 3.2 arasındaki farklılık (p=0.001) ve % 2.2 ile % 3.2 arasındaki farklılık (p=0.001) hariç diğerleri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (p>0.05). Portakal kabuğu ekstraktının her konsantrasyonunun arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (p<0.05). Nar ve portakal kabuğu ekstrakt karışım konsantrasyonunun etkisi % 0 (Kontrol) ile % 2.2 arasındaki farklılık (p=0.009) ve % 0 (Kontrol) ile % 3.2 arasındaki farklılık (p=0.003) hariç diğerleri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (p>0.05).

Yapı üzerine % 1.1 konsantrasyonundaki N ve P örneği arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli olmayıp (p=0.351) diğer örnekler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). % 2.2 konsantrasyonundaki N ve P örneği arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli olmayıp (p=0.985) diğer örnekler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). % 3.2 konsantrasyonundaki N ve NP örneği arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli olmayıp (p=0.786) diğer örnekler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05).

En düşük yapı puanı 6.53 ile NP₃ örneğinde, en yüksek yapı puanı ise P örneklerinde tespit edilmiştir. Genel olarak, ekstrakt ilavesi yapı puanlarını minimal düşürmüştür. Ekstraktlar formülasyondaki yapısal özelliklere etki etmiş dolayısıyla ürünün dokusunu kısmen değiştirmiştir. Nar kabuğu ekstraktı ilavesi yapı puanlarını minimal iyileştirmiş ancak konsantrasyon % 3.2 olduğunda yapı puanı düşmüştür. Portakal kabuğu ekstraktı ilavesi ise her örnek için yapı puanlarını kısmen iyileştirmiştir. Portakal kabuğundaki pektin, lif vb. bileşiklerin formülasyon üzerine negatif etkisi olmamış aksine pozitif yönde katkısı olmuştur.

Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyonun konsantrasyon ve ekstrakt çeşidine göre genel kabul edilebilirlik sonuçları Tablo 4.42’de verilmiştir.

Tablo 4.42. Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyonun genel kabul edilebilirlik sonuçları

	N	P	NP
% 0	6.9500 ^{aC} ± 0.1263	6.9500 ^{aB} ± 0.1263	6.9500 ^{aD} ± 0.1263
% 1.1	6.4166 ^{aB} ± 0.0589	6.5833 ^{aB} ± 0.2946	6.5000 ^{aC} ± 0.0589
% 2.2	6.3500 ^{bB} ± 0.3354	6.0499 ^{abA} ± 0.2738	5.7666 ^{aB} ± 0.0696
% 3.2	5.9500 ^{bA} ± 0.095	5.7833 ^{abA} ± 0.2472	5.5500 ^{aA} ± 0.0745

*: ortalama ± standart sapma

^{a-b}: Aynı satırdaki küçük harfler ekstrakt çeşitlerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

^{A-D}: Aynı sütundaki büyük harfler ise konsantrasyonlarının karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

% 0: Kontrol Grubu (meyve kabuğu ekstraktı ilave edilmemiş örnekler), % 1.1: İçerisinde ağırlıkça % 1.1 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 2.2: İçerisinde ağırlıkça % 2.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 3.2: İçerisinde ağırlıkça % 3.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün örnekleridir.

N: Nar kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, P: Portakal kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, NP: Ağırlıkça 1:1 oranında nar ve portakal kabuğu ekstraktı karıştırılarak ilave edilen ürün örnekleridir.

Genel kabul edilebilirlik üzerine nar kabuğu ekstrakt konsantrasyonunun etkisi % 0 (Kontrol) ile % 1.1 arasındaki farklılık (p=0.001), % 0 (Kontrol) ile % 3.2 arasındaki farklılık (p=0.001) ve % 1.1 ile % 3.2 arasındaki farklılık (p=0.001) hariç diğerleri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (p>0.05). Portakal kabuğu ekstrakt konsantrasyonunun etkisi % 0 (Kontrol) ile % 2.2 arasındaki farklılık (p=0.001), % 0 (Kontrol) ile % 3.2 arasındaki farklılık (p=0.001) ve % 1.1 ile % 3.2 arasındaki farklılık (p=0.001) hariç diğerleri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (p>0.05). Nar ve portakal kabuğu ekstrakt karışımının her konsantrasyonu arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05).

Genel kabul edilebilirlik üzerine % 1.1 konsantrasyonundaki her örnek arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p < 0.05$). % 2.2 konsantrasyonundaki N ve NP örneği arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli olup ($p = 0.048$) diğer örnekler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p > 0.05$). % 3.2 konsantrasyonundaki N ve NP örneği arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli olup ($p = 0.005$) diğer örnekler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p > 0.05$).

En düşük genel kabul edilebilirlik puanı 5.55 ile NP₃ örneğinde, en yüksek genel kabul edilebilirlik puanı ise 6.95 ile Z ve 6.58 ile P örneğinde tespit edilmiştir. Genel olarak, ekstrakt ilavesi genel kabul edilebilirlik puanlarını düşürmüştür. Ekstraktların formülasyondaki tat, aroma veya yapısal değişiklikler nedeniyle panelistlerin genel olarak ürünü daha az kabul edilebilir buldukları tespit edilmiştir. Nar kabuğu ekstraktı ilavesi genel kabul edilebilirlik puanlarını daha fazla düşürmüştür. Portakal kabuğu ekstraktı ilavesi ise genel kabul edilebilirlik puanlarını minimal derecede düşürmüştür. Portakal kabuğundaki bileşiklerin tat veya aroma profiline ekşi veya acı notalar ekleyebileceği ve tüketicilerin tercihlerini bu sebeple etkileyebileceği düşünülmektedir.

Uçak modeli baskısının konsantrasyon ve ekstrakt çeşidine göre renk sonuçları Tablo 4.43'de verilmiştir.

Tablo 4.43. Uçak modeli baskısının renk sonuçları

	N	P	NP
% 0	8.3000 ^{aC} ± 0.1118	8.3000 ^{aB} ± 0.1118	8.3000 ^{aD} ± 0.1118
% 1.1	7.3000 ^{aB} ± 0.1394	8.2000 ^{bB} ± 0.0950	7.4666 ^{aC} ± 0.1728
% 2.2	6.6166 ^{aA} ± 0.1394	7.6166 ^{bA} ± 0.4772	6.8000 ^{aB} ± 0.1918
% 3.2	6.5000 ^{aA} ± 0.1317	7.5333 ^{bA} ± 0.2091	6.4334 ^{aA} ± 0.1602

*: ortalama ± standart sapma

^{a-b}: Aynı satırdaki küçük harfler ekstrakt çeşitlerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p < 0.05$).

^{A-D}: Aynı sütundaki büyük harfler ise konsantrasyonlarının karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p < 0.05$).

% 0: Kontrol Grubu (meyve kabuğu ekstraktı ilave edilmemiş örnekler), % 1.1: İçerisinde ağırlıkça % 1.1 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 2.2: İçerisinde ağırlıkça % 2.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 3.2: İçerisinde ağırlıkça % 3.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün örnekleridir.

N: Nar kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, P: Portakal kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, NP: Ağırlıkça 1:1 oranında nar ve portakal kabuğu ekstraktı karıştırılarak ilave edilen ürün örnekleridir.

Uçak modeli baskısının rengi üzerine nar kabuğu ekstrakt konsantrasyonunun etkisi % 2.2 ile % 3.2 arasındaki farklılık ($p=0.513$) hariç diğerleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Portakal kabuğu ekstrakt konsantrasyonunun etkisi % 0 (Kontrol) ile % 1.1 arasındaki farklılık ($p=0.935$) ve % 2.2 ile % 3.2 arasındaki farklılık ($p=0.961$) hariç diğerleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Nar ve portakal kabuğu ekstrakt karışımının her konsantrasyonunun arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Uçak modeli baskısının rengi üzerine % 1.1 konsantrasyonundaki N ve NP örneği arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli olmayıp ($p=0.184$) diğer örnekler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). % 2.2 konsantrasyonundaki N ve NP örneği arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli olmayıp ($p=0.625$) diğer örnekler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). % 3.2 konsantrasyonundaki N ve NP örneği arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli olmayıp ($p=0.812$) diğer örnekler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

En düşük renk puanı 6.43 ile NP₃ örneğinde, en yüksek renk puanı 8.30 ile Z örneğinde tespit edilmiştir. Genel olarak, ekstrakt ilavesi renk puanlarını düşürmüştür. Ekstraktların formülasyona eklenmesiyle uçak modelinin renk açısından daha az canlı veya parlak görünebileceği anlamına gelmektedir. Z örneği en yüksek renk puanına sahiptir. Dolayısıyla ilave edilen ekstraktların modelin renk kalitesini düşürebileceğini göstermiştir. Nar kabuğu ekstraktının ilave edildiği örnekler daha düşük renk puanlarına sahipken, portakal kabuğu ekstraktının ilave edildiği örnekler nar kabuğu ekstraktı eklenenlere kıyasla daha yüksek renk puanlarına sahiptir. Karışık nar-portakal kabuğu ekstraktının ilave edildiği örnekler ise diğer örneklerle karşılaştırıldığında ortalama düzeyde renk puanlarına sahiptir.

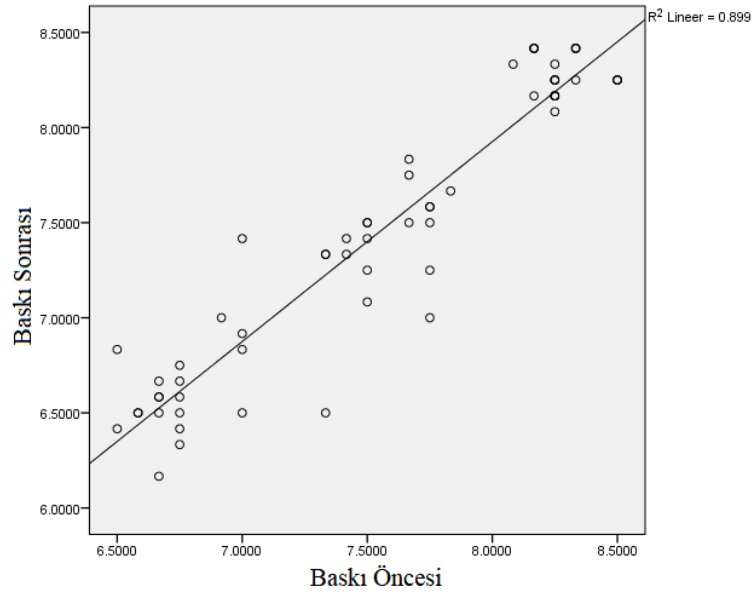
Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyon (baskı öncesi) ile uçak modeli baskısının (baskı sonrası) renk puanları arasındaki ilişkiyi tespit etmek için Pearson korelasyon analiz yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 4.44'te gösterilmiştir.

Tablo 4.44. Baskı öncesi ve sonrasında renk puanı arasındaki ilişki

	Baskı Sonrası
Pearson r	0.948*
Baskı Öncesi p	0.000
n	60

* Korelasyon $p < 0.01$ düzeyinde anlamlıdır.

Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyon (baskı öncesi) ile uçak modeli baskısının (baskı sonrası) görünüş puanları arasında güçlü düzeyde pozitif $r=0.948$ ve anlamlı ($p < 0.05$) bir ilişki bulunmuştur. Yani panelistlerin baskı öncesi ve baskı sonrası renk puanları arasında güçlü bir ilişki vardır. Değişkenlerin birbirleri üzerinde açıkladıkları varyans % 89.87'dir. Bu ilişki Şekil 4.25'te gösterilmiştir.



Şekil 4.25. Baskı öncesi ve sonrasında renk puanı arasındaki ilişkiye ait grafik

Uçak modeli baskısının konsantrasyon ve ekstrakt çeşidine göre görünüş sonuçları Tablo 4.45'te verilmiştir.

Tablo 4.45. Uçak modeli baskısının görünüş sonuçları

	N	P	NP
% 0	8.0833 ^{aC} ± 0.1020	8.0833 ^{aB} ± 0.1020	8.0833 ^{aB} ± 0.1020
% 1.1	7.5166 ^{bB} ± 0.1369	8.4000 ^{cC} ± 0.1086	7.1666 ^{aA} ± 0.1317
% 2.2	7.3333 ^{bAB} ± 0.1666	8.0666 ^{cB} ± 0.0697	7.1166 ^{aA} ± 0.1118
% 3.2	7.1666 ^{aA} ± 0.0833	7.7833 ^{bA} ± 0.0950	7.0000 ^{aA} ± 0.2946

*: ortalama ± standart sapma

^{a-c}: Aynı satırdaki küçük harfler ekstrakt çeşitlerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

^{A-C}: Aynı sütundaki büyük harfler ise konsantrasyonlarının karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

% 0: Kontrol Grubu (meyve kabuğu ekstraktı ilave edilmemiş örnekler), % 1.1: İçerisinde ağırlıkça % 1.1 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 2.2: İçerisinde ağırlıkça % 2.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 3.2: İçerisinde ağırlıkça % 3.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün örnekleridir.

N: Nar kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, P: Portakal kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, NP: Ağırlıkça 1:1 oranında nar ve portakal kabuğu ekstraktı karıştırılarak ilave edilen ürün örnekleridir.

Uçak modeli baskısının görünüşü üzerine nar kabuğu ekstrakt konsantrasyonunun etkisi % 1.1 ile % 2.2 arasındaki farklılık (p=0.141) ve % 2.2 ile % 3.2 arasındaki farklılık (p=0.200) hariç diğerleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). Portakal kabuğu ekstrakt konsantrasyonunun etkisi % 0 (Kontrol) ile % 2.2 arasındaki farklılık (p=0.992) hariç diğerleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). Nar ve portakal kabuğu ekstrakt karışım konsantrasyonunun etkisi % 0 (Kontrol) ile % 1.1 arasındaki farklılık (p=0.001), % 0 (Kontrol) ile % 2.2 arasındaki farklılık (p=0.001) ve % 0 (Kontrol) ile % 3.2 arasındaki farklılık (p=0.001) hariç diğerleri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (p>0.05).

Uçak modeli baskısının görünüşü üzerine % 1.1 konsantrasyonundaki her örnek arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). % 2.2 konsantrasyonundaki her örnek arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). % 3.2 konsantrasyonundaki N ve NP örneği arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli olmayıp (p=0.360) diğer örnekler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05).

En düşük görünüş puanı 7.00 ile NP₃ örneğinde, en yüksek görünüş puanı ise 8.40 ile P₁ örneğinde tespit edilmiştir. Genel olarak, ekstrakt ilavesi görünüş puanlarını değiştirmiştir. Ekstraktların formülasyona eklenmesiyle uçak modelinin görünüş açısından farklı değerler aldığı gözlemlenmiştir. Portakal kabuğu ekstraktının ilave edildiği örnekler nar kabuğu ekstraktı eklenenlere kıyasla daha yüksek görünüş puanlarına sahip olmuştur. Dolayısıyla portakal kabuğu ekstraktının uçak modelinin görünüşünü iyileştirdiğini söyleyebiliriz. Karışık nar-portakal kabuğu ekstraktının ilave edildiği örnekler düşük görünüş puanlarına sahiptir. Dolayısıyla formülasyondaki ekstrakt karışım kombinasyonunun görünüş açısından daha az tercih edilebilir olabileceğini düşünmekteyiz.

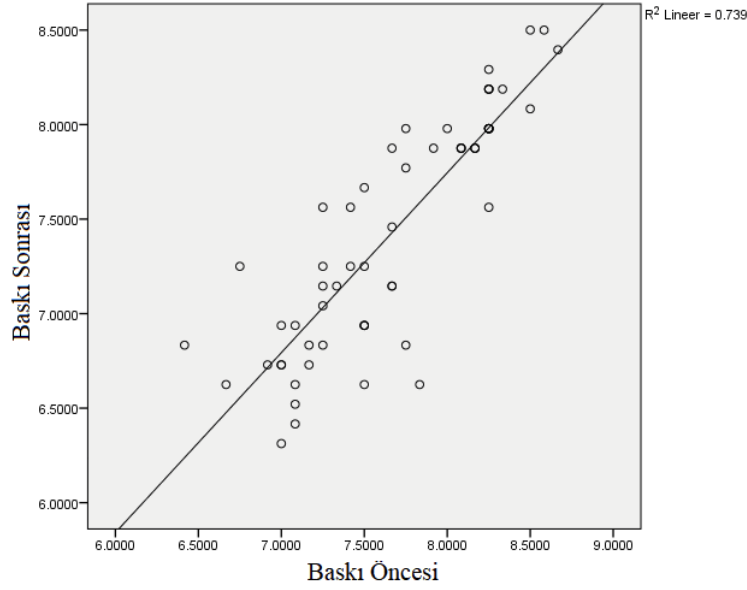
Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyon (baskı öncesi) ile uçak modeli baskısının (baskı sonrası) görünüş puanları arasındaki ilişkiyi tespit etmek için Pearson korelasyon analiz yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 4.46’da gösterilmiştir.

Tablo 4.46. Baskı öncesi ve sonrasında görünüş puanı arasındaki ilişki

		Baskı Sonrası
Baskı Öncesi	Pearson r	0.859*
	p	0.000
	n	60

* Korelasyon $p < 0.01$ düzeyinde anlamlıdır.

Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyon (baskı öncesi) ile uçak modeli baskısının (baskı sonrası) görünüş puanları arasında güçlü düzeyde pozitif $r=0.859$ ve anlamlı ($p < 0.05$) bir ilişki bulunmuştur. Yani panelistlerin baskı öncesi ve baskı sonrası tat puanları arasında güçlü bir ilişki vardır. Değişkenlerin birbirleri üzerinde açıkladıkları varyans % 73.98’dir. Bu ilişki Şekil 4.26’da gösterilmiştir.



Şekil 4.26. Baskı öncesi ve sonrasında görünüş puanı arasındaki ilişkiye ait grafik

Uçak modeli baskısının konsantrasyon ve ekstrakt çeşidine göre tat sonuçları Tablo 4.47’de verilmiştir.

Tablo 4.47. Uçak modeli baskısının tat sonuçları

	N	P	NP
% 0	6.7000 ^{aB} ± 0.1263	6.7000 ^{aD} ± 0.1263	6.7000 ^{aD} ± 0.1263
% 1.1	6.5500 ^{bB} ± 0.1918	6.2666 ^{aC} ± 0.0696	6.1666 ^{aC} ± 0.1178
% 2.2	6.4500 ^{bB} ± 0.1989	5.5000 ^{aB} ± 0.4587	5.6500 ^{aB} ± 0.0950
% 3.2	5.6333 ^{bA} ± 0.1263	5.2000 ^{aA} ± 0.1263	5.0833 ^{aA} ± 0.1178

*: ortalama ± standart sapma

^{a-b}: Aynı satırdaki küçük harfler ekstrakt çeşitlerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

^{A-D}: Aynı sütundaki büyük harfler ise konsantrasyonlarının karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

% 0: Kontrol Grubu (meyve kabuğu ekstraktı ilave edilmemiş örnekler), % 1.1: İçerisinde ağırlıkça % 1.1 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 2.2: İçerisinde ağırlıkça % 2.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 3.2: İçerisinde ağırlıkça % 3.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün örnekleridir.

N: Nar kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, P: Portakal kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, NP: Ağırlıkça 1:1 oranında nar ve portakal kabuğu ekstraktı karıştırılarak ilave edilen ürün örnekleridir.

Uçak modeli baskısının tadı üzerine nar kabuğu ekstrakt konsantrasyonunun etkisi % 0 (Kontrol) ile % 3.2 arasındaki farklılık (p=0.001), % 1.1 ile % 3.2 arasındaki farklılık (p=0.001) ve % 2.2 ile % 3.2 arasındaki farklılık (p=0.001) hariç diğerleri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (p>0.05). Portakal kabuğu ekstraktının her konsantrasyonunun etkisi önemli bulunmuştur (p<0.05). Nar ve portakal kabuğu ekstrakt karışımının her konsantrasyonunun arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05).

Uçak modeli baskısının tadı üzerine % 1.1 konsantrasyonundaki P ve NP örneği arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli olmayıp ($p=0.497$) diğer örnekler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). % 2.2 konsantrasyonundaki P ve NP örneği arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli olmayıp ($p=0.539$) diğer örnekler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). % 3.2 konsantrasyonundaki P ve NP örneği arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli olmayıp ($p=0.329$) diğer örnekler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

En düşük tat puanı 5.08 ile NP₃ örneğinde, en yüksek tat puanı ise 6.70 ile Z ve 6.55 ile N₁ örneğinde tespit edilmiştir. Genel olarak, ekstrakt ilavesi tat puanlarını değiştirmiştir. Ekstraktların formülasyona eklenmesiyle uçak modeli baskısının tat açısından farklı bir etkiye sahip olabileceğini göstermiştir. Nar kabuğu ekstraktının ilave edildiği örnekler diğerlerine göre daha yüksek tat puanlarına sahip olmuşlardır. Nar kabuğu ekstraktının uçak modeli baskısının tat açısından diğerlerine göre daha tercih edilebilir olduğunu göstermiştir. Portakal kabuğu ekstraktının ilave edildiği örnekler diğerlerine göre daha düşük tat puanlarına sahiptir. Portakal kabuğu ekstraktının tat açısından uçak modelinin kalitesini kısmen azaltabileceğini göstermektedir. Karışık nar-portakal kabuğu ekstraktının ilave edildiği örnekler ise ortalama tat puan değerleri almışlardır.

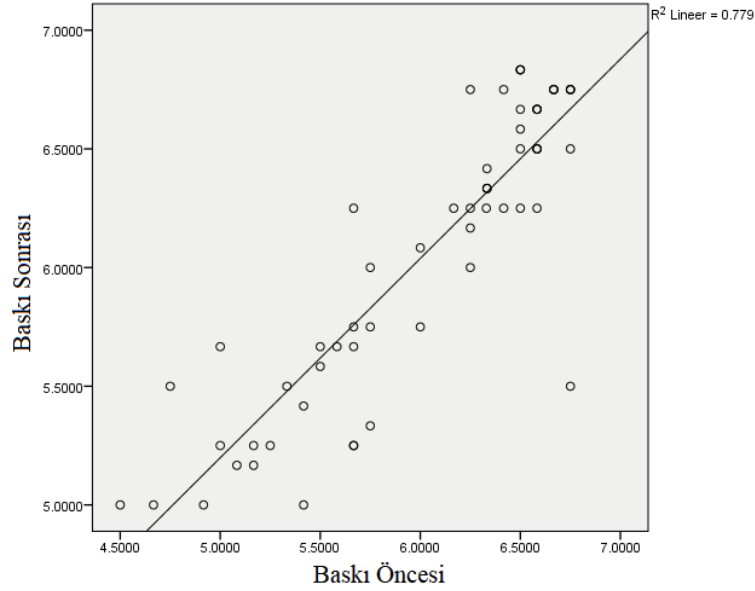
Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyon (baskı öncesi) ile uçak modeli baskısının (baskı sonrası) tat puanları arasındaki ilişkiyi tespit etmek için Pearson korelasyon analiz yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 4.48’de gösterilmiştir.

Tablo 4.48. Baskı öncesi ve sonrasında tat puanı arasındaki ilişki

	Baskı Sonrası
Pearson r	0.882*
Baskı Öncesi p	0.000
n	60

* Korelasyon $p<0.01$ düzeyinde anlamlıdır.

Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyon (baskı öncesi) ile uçak modeli baskısının (baskı sonrası) tat puanları arasında güçlü düzeyde pozitif $r=0.882$ ve anlamlı ($p<0.05$) bir ilişki bulunmuştur. Yani panelistlerin baskı öncesi ve baskı sonrası tat puanları arasında güçlü bir ilişki vardır. Değişkenlerin birbirleri üzerinde açıkladıkları varyans % 77.91'dir. Bu ilişki Şekil 4.27'de gösterilmiştir.



Şekil 4.27. Baskı öncesi ve sonrasında tat puanı arasındaki ilişkiye ait grafik

Uçak modeli baskısının konsantrasyon ve ekstrakt çeşidine göre yapı sonuçları Tablo 4.49'da verilmiştir.

Tablo 4.49. Uçak modeli baskısının yapı sonuçları

	N	P	NP
% 0	7.1166 ^{aC} ± 0.950	7.1166 ^{aA} ± 0.950	7.1166 ^{aB} ± 0.950
% 1.1	7.0500 ^{aBC} ± 0.3754	7.0000 ^{aA} ± 0.3280	6.7500 ^{aAB} ± 0.1863
% 2.2	6.7166 ^{abAB} ± 0.1825	7.0500 ^{bA} ± 0.3466	6.5500 ^{aA} ± 0.0950
% 3.2	6.5833 ^{aA} ± 0.1020	6.7166 ^{aA} ± 0.1825	6.5166 ^{aA} ± 0.4801

*: ortalama ± standart sapma

^{a-b}: Aynı satırdaki küçük harfler ekstrakt çeşitlerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

^{A-C}: Aynı sütundaki büyük harfler ise konsantrasyonlarının karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

% 0: Kontrol Grubu (meyve kabuğu ekstraktı ilave edilmemiş örnekler), % 1.1: İçerisinde ağırlıkça % 1.1 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 2.2: İçerisinde ağırlıkça % 2.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 3.2: İçerisinde ağırlıkça % 3.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün örnekleridir.

N: Nar kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, P: Portakal kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, NP: Ağırlıkça 1:1 oranında nar ve portakal kabuğu ekstraktı karıştırılarak ilave edilen ürün örnekleridir.

Uçak modeli baskısının yapısı üzerine nar kabuğu ekstrakt konsantrasyonunun etkisi % 0 (Kontrol) ile % 2.2 arasındaki farklılık ($p=0.049$), % 0 (Kontrol) ile % 3.2 arasındaki farklılık ($p=0.007$) ve % 1.1 ile % 3.2 arasındaki farklılık ($p=0.019$) hariç diğerleri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Portakal kabuğu ekstraktının her konsantrasyonunun etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Nar ve portakal kabuğu ekstrakt karışım konsantrasyonunun etkisi % 0 (Kontrol) ile % 1.1 arasındaki farklılık ($p=0.047$) ve % 0 (Kontrol) ile % 2.2 arasındaki farklılık ($p=0.001$) hariç diğerleri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$).

Uçak modeli baskısının yapısı üzerine % 1.1 konsantrasyonundaki her örnek arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). % 2.2 konsantrasyonundaki P ve NP örneği arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli olup ($p=0.014$) diğer örnekler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). % 3.2 konsantrasyonundaki her örnek arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$).

En düşük yapı puanı 6.52 ile NP₃ örneğinde, en yüksek yapı puanı ise 7.12 ile Z örneğinde tespit edilmiştir. Genel olarak, ekstrakt ilavesi yapı puanlarını değiştirmiştir. Ekstraktların formülasyona eklenmesiyle uçak modeli baskısının yapısal özelliklerinin farklı bir etkiye sahip olabileceğini göstermiştir. Nar kabuğu ekstraktının ilave edildiği örnekler daha düşük yapı puanlarına sahip olmuşlardır. Nar kabuğu ekstraktının uçak modeli baskısının yapısal olarak daha az tercih edilebilir olduğunu gösterir. Portakal kabuğu ekstraktının ilave edildiği örnekler ise nispeten daha iyi yapı puanlarına sahiptir. Karışık nar-portakal kabuğu ekstraktının ilave edildiği örnekler ise daha düşük yapı puanlarına sahip olmuşlardır.

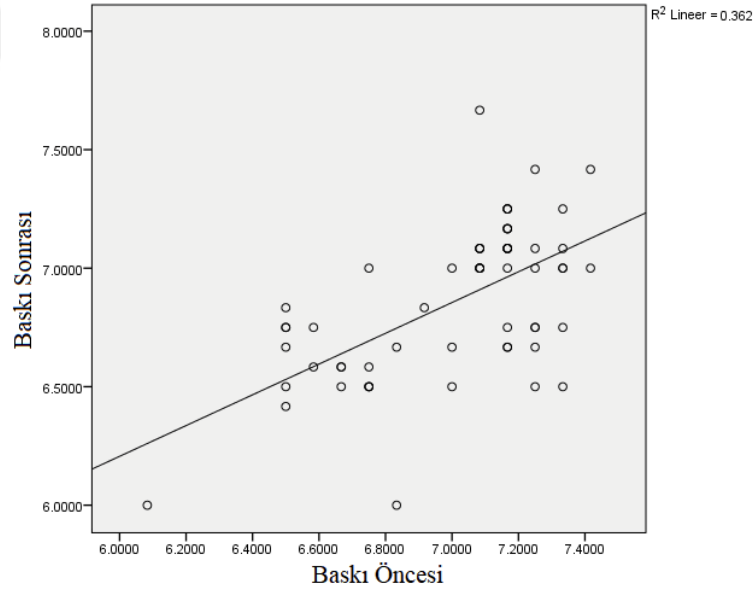
Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyon (baskı öncesi) ile uçak modeli baskısının (baskı sonrası) yapı puanları arasındaki ilişkiyi tespit etmek için Pearson korelasyon analiz yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 4.50’de gösterilmiştir.

Tablo 4.50. Baskı öncesi ve sonrasında yapı puanı arasındaki ilişki

		Baskı Sonrası
	Pearson r	0.602*
Baskı Öncesi	p	0.000
	n	60

* Korelasyon $p < 0.01$ düzeyinde anlamlıdır.

Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyon (baskı öncesi) ile uçak modeli baskısının (baskı sonrası) tat puanları arasında orta düzeyde pozitif $r = 0.602$ ve anlamlı ($p < 0.05$) bir ilişki bulunmuştur. Yani panelistlerin baskı öncesi ve baskı sonrası tat puanları arasında orta düzeyde bir ilişki vardır. Değişkenlerin birbirleri üzerinde açıkladıkları varyans % 36.24’tür. Bu ilişki Şekil 4.28’de gösterilmiştir.



Şekil 4.28. Baskı öncesi ve sonrasında yapı puanı arasındaki ilişkiye ait grafik

Uçak modeli baskısının konsantrasyon ve ekstrakt çeşidine göre genel kabul edilebilirlik sonuçları Tablo 4.51’de verilmiştir.

Tablo 4.51. Uçak modeli baskısının genel kabul edilebilirlik sonuçları

	N	P	NP
% 0	7.2166 ^{aB} ± 0.950	7.2166 ^{aC} ± 0.950	7.2166 ^{aC} ± 0.950
% 1.1	6.5833 ^{aB} ± 0.0589	6.6500 ^{aB} ± 0.3698	6.5500 ^{aB} ± 0.1263
% 2.2	6.5833 ^{bAB} ± 0.1558	6.5666 ^{bB} ± 0.2850	6.2166 ^{aA} ± 0.0456
% 3.2	6.0333 ^{aA} ± 0.7918	5.9000 ^{aA} ± 0.0697	6.1666 ^{aA} ± 0.1020

*: ortalama ± standart sapma

^{a-b}: Aynı satırdaki küçük harfler ekstrakt çeşitlerinin karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

^{A-C}: Aynı sütundaki büyük harfler ise konsantrasyonlarının karşılaştırması olup farklı harfler, örnekler arasında istatistiki olarak fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

% 0: Kontrol Grubu (meyve kabuğu ekstraktı ilave edilmemiş örnekler), % 1.1: İçerisinde ağırlıkça % 1.1 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 2.2: İçerisinde ağırlıkça % 2.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün, % 3.2: İçerisinde ağırlıkça % 3.2 oranında meyve kabuğu ekstraktı bulunan ürün örnekleridir.

N: Nar kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, P: Portakal kabuğu ekstraktı ilave edilen ürün, NP: Ağırlıkça 1:1 oranında nar ve portakal kabuğu ekstraktı karıştırılarak ilave edilen ürün örnekleridir.

Uçak modeli baskısının genel kabul edilebilirliği üzerine nar kabuğu ekstrakt konsantrasyonunun etkisi % 0 (Kontrol) ile % 1.1 arasındaki farklılık (p=0.001) ve % 0 (Kontrol) ile % 2.2 arasındaki farklılık (p=0.001) hariç diğerleri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (p>0.05). Portakal kabuğu ekstrakt konsantrasyonunun etkisi % 0 (Kontrol) ile % 2.2 arasındaki farklılık (p=0.003), % 0 (Kontrol) ile % 3.2 arasındaki farklılık (p=0.001) ve % 2.2 ile % 3.2 arasındaki farklılık (p=0.031) hariç diğerleri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (p>0.05). Nar ve portakal kabuğu ekstrakt karışım konsantrasyonunun etkisi % 2.2 (Kontrol) ile % 3.2 arasındaki farklılık (p=0.846) hariç diğerleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05).

Uçak modeli baskısının genel kabul edilebilirliği üzerine % 1.1 konsantrasyonundaki her örnek arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (p>0.05). % 2.2 konsantrasyonundaki N ve P örneği arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli olmayıp (p=0.989) diğer örnekler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). % 3.2 konsantrasyonundaki her örnek arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (p>0.05).

En düşük genel kabul edilebilirlik puanı 5.90 ile P₃ örneğinde, en yüksek genel kabul edilebilirlik puanı ise 7.22 ile Z örneğinde tespit edilmiştir. Genel olarak, ekstrakt ilavesi genel kabul edilebilirlik puanları üzerinde değişiklik oluşturmuştur.

Bu değişiklik ekstraktların formülasyona eklenmesiyle uçak modeli baskısının genel kabul edilebilirlik açısından farklı bir etkiye sahip olabileceğini göstermiştir. Ekstrakt konsantrasyonlarının artmasıyla ( zellikle % 3.2) genel kabul edilebilirlik puanları her ekstrakt tipi için düşmüştür.

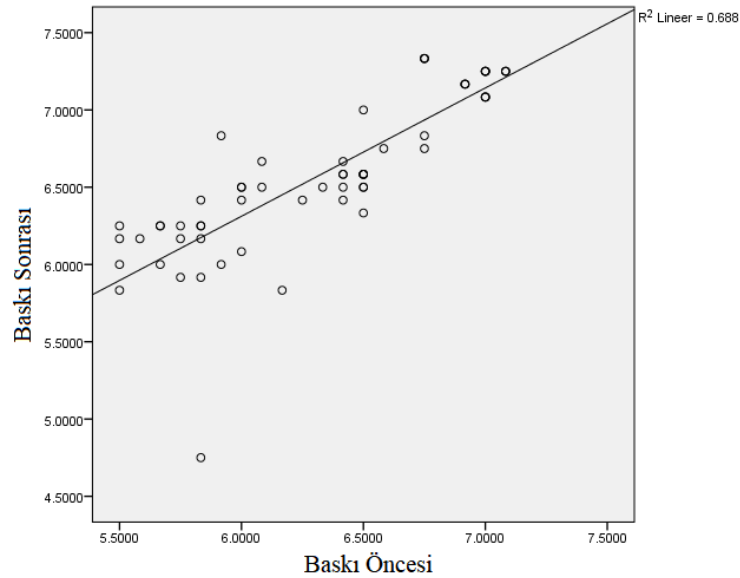
Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyon (baskı öncesi) ile uçak modeli baskısının (baskı sonrası) genel kabul edilebilirlik puanları arasındaki ilişkiyi tespit etmek için Pearson korelasyon analiz yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 4.52’de gösterilmiştir.

Tablo 4.52. Baskı  ncesi ve sonrasında genel kabul edilebilirlik puanı arasındaki ilişki

		Baskı Sonrası
	Pearson r	0.830*
Baskı �ncesi	p	0.000
	n	60

* Korelasyon $p < 0.01$ düzeyinde anlamlıdır.

Zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı formülasyon (baskı öncesi) ile uçak modeli baskısının (baskı sonrası) genel kabul edilebilirlik puanları arasında güçlü düzeyde pozitif $r=0.830$ ve anlamlı ($p < 0.05$) bir ilişki bulunmuştur. Yani panelistlerin baskı öncesi ve baskı sonrası tat puanları arasında güçlü bir ilişki vardır. Değişkenlerin birbirleri üzerinde açıkladıkları varyans % 68.89’dur. Bu ilişki şekil 4.29’da gösterilmiştir.



şekil 4.29. Baskı  ncesi ve sonrasında genel kabul edilebilirlik puanı arasındaki ilişkiye ait grafik

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Küresel bir sorun haline gelen gıda atıklarının oluşturduğu çevre kirliliği, doğal kaynakların gün geçtikçe azalması, günümüzde toplumsal ve ekonomik zararların artması gıda atıklarının iyi bir şekilde yönetimi ve tekrar değerlendirilmesi sürdürülebilir kalkınmanın devamı için hem dünyada hem de ülkemizde giderek önem kazanan konulardan biridir. 3B gıda yazıcılarının gıda atıklarının yeniden değerlendirilmesinde alternatif kullanımına yönelik bir potansiyeli olduğu yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur.

Tez kapsamında;

1- Sütçülük atığı olan peynir altı suyundan lor peyniri üretilmiş ve çeşitli yardımcı bileşenler ilave edilerek zenginleştirilmiş ve optimizasyon çalışmalarıyla 3B yazıcıda basılabilir hale getirilmiştir.

2- Optimize edilen lor bazlı formülasyona, meyve suyu atıklarından nar kabuğu ve portakal kabuğundan elde edilen ekstraktlar farklı oranlarda ilave edilerek 10 adet zenginleştirilmiş fonksiyonel lor bazlı ürün üretimi gerçekleştirilmiştir.

3- 10 adet ürün 3B gıda yazıcısında yazdırılarak 3B uçak modeli baskısı gerçekleştirilmiştir. Ardından fizikokimyasal analizler, mikro yapı, aroma bileşimi, toplam fenolik madde miktarı, antioksidan aktivitesi ve duyu analizi bahsi geçen baskılara uygulanmıştır.

Duyu yönden albenisi yüksek, zenginleştirilmiş, yazdırılabilir/basılabilir ve fonksiyonel bir ürün üretilmesi amaçlanan formülasyonun geliştirilmesinde Yanıt Yüzey Yöntemi kullanılmıştır. Faktör olarak ksantan gum, mısır nişastası, krema ve bal miktarı; yanıt olarak ise sıklık, tutunabilirlik, yapışkanlık, sürülebilirlik ve viskozite değerleri incelenmiştir. Deneme planında ortaya çıkan 29 adet örnek formülasyonlarının üretimi gerçekleştirilerek son zamanlarda gıdaların tüketiminde alternatif bir çözüm yolu olabileceği gündemde olan Üç Boyutlu (3B) gıda yazıcısında baskısı alınarak tüketim alışkanlığına farklı bir perspektif kazandırma yoluna gidilmiştir. 29 adet formülasyonun ızgara (grid) modeli şeklinde baskısı alınarak baskıların görüntü işleme ve baskı puanı değerleri tespit edilmiştir. Yanıtların aralık değerleri görüntü işleme ve baskı puanı sonuçlarına göre belirlenmiş ve faktörler bu sonuçlara göre optimize edilmiştir. Formülasyondaki bağımsız değişkenlerin, zenginleştirilmiş lor bazlı ürünün sürülebilirlik ve viskozite

üzerine etkisinin tespit edilmesi için görüntü işleme ve baskı puanı sonuçlarına göre en iyi deney örnekleri tespit edilmiştir. Bunun için görüntü işleme puanı 30 ve üzeri olanlar, baskı puanı ise 85 ve üzerine olanlar seçilmiştir. Dolayısıyla 10, 14, 28, 29, 27, 25 ve 1 nolu deney örnekleri en iyi sonuçları almışlardır. Optimizasyon için bu yedi deney örneğinin yanıtlarının en düşük ve en yüksek değerleri, optimizasyonda alt ve üst limit olarak Yanıt Yüzey Yöntemi Central Composite Design planında seçilmiştir. Çalışmamızdaki optimize değerler ksantan gam: 1.54 gram, mısır nişastası 2.95 gram, krema: 13.72 gram ve bal: 19.18 gram olarak bulunmuştur. Çalışmamızın son aşamasında ise optimize edilen yazdırılabilir/basılabilir lor bazlı formülasyona fonksiyonelliği artırmak için meyve suyu atıklarından (nar ve portakal kabuğu) elde edilen antioksidan ve fonksiyonel bileşenlerce zengin nar kabuğu ekstraktı bileşime % 1.1, % 2.2 ve % 3.2 oranında, portakal kabuğu ekstraktı bileşime % 1.1, % 2.2 ve % 3.2 oranında, nar ve portakal kabuğu ekstrakt karışımı (w/w: 1/1) bileşime % 1.1, % 2.2 ve % 3.2 oranında ilave edilerek 10 adet fonksiyonel ve yazdırılabilir/basılabilir lor bazlı formülasyonlar üretilmiştir. Üretilen karışımlar üç boyutlu gıda yazıcısında yazdırılarak uçak modeli baskısı gerçekleştirilmiştir. Baskılar fizikokimyasal özellikler, toplam fenolik madde içeriği, antioksidan kapasitesi, amino asit kompozisyonu, aroma bileşimi, mikro yapı ve duyusal yönden incelenmiştir.

10 adet ürün formülasyonunda yapılan analizleri incelediğimizde meyve kabuğu ekstraktı ilavesi viskozite değerini azaltmıştır. Ekstrakt ilavesinin daha akışkan bir karışım oluşturduğunu göstermiştir. Sonuç olarak, ekstrakt ilavesi lor bazlı formülasyondaki viskozite üzerinde bir etkiye sahip olmuştur. Nar ve portakal kabuğu ekstraktları, karışıma eklenerek viskoziteyi azaltmış ve karışımın daha akışkan hale gelmesine yardımcı olmuştur. Ekstrakt ilavesinin ürünün uygulanabilirliği ve kullanılabilirliği üzerinde önemli bir rol oynayabileceğini göstermiştir. Viskoelastik özelliklerden depolama modülü ve kayıp modülü, gıda ürünlerinin 3B yazıcılarda basılabilmesini belirlemek için kullanılabilecek önemli parametrelerden biridir. Depolama modülü ve kayıp modülü aynı zamanda gıda ürünlerinin 3B baskı kalitesini belirlemek için de kullanılmaktadır. Örneğin, gıda ürününde daha düşük ksantan gam ve mısır nişastası bulunmasından dolayı bu bileşenlerin karışımdaki suyu bağlayamamasından yapının zayıf olmasına sebebiyet verdiği düşünülmektedir. Bunun sonucunda gıda ürününün depolama modülünün

düşmesine ve daha az elastik hale gelmesine sebep olmaktadır. Dolayısıyla 3B baskı teknolojisinde depolama ve kayıp modülü arasındaki ilişkinin anlaşılması önemlidir.

Sürülebilirlik (Spreadability), bir ürünün sürülebilme kolaylığının ölçüsüdür. Margarin, tereyağı, reçel ve çikolata gibi ürünlerde arzu edilen bir özelliktir. Sıklık, bir üründe şekil değiştirerek deformasyona karşı direnç gösteren maksimum kuvvet olarak tanımlanmaktadır. Yapışkanlık, gıdanın yüzeyi ile gıdanın temas ettiği probun yüzeyi arasındaki çekici kuvvetleri aşmak için gereken maksimum kuvvettir. Peynir, reçel, şekerleme veya jelleşmiş ürünlerde bulunan dokusal bir özelliktir. Sürülebilirlik, sürülebilme işlemini gerçekleştirmek için gereken toplam kuvvet miktarı olarak tanımlanmaktadır. Tutunabilirlik, gıda örneğinden probun ayrılması sırasında ortaya çıkan toplam kuvvet miktarıdır (Basu ve Shivhare, 2010). Ekstrakt ilavesi lor bazlı formülasyondaki sıklık üzerinde bir etkiye sahip olmuştur. Nar ve portakal kabuğu ekstraktları, karışıma eklenerek daha gevşek ve yumuşak bir dokuya yol açarken, karışık ekstrakt ilavesi karışımın daha sıkı ve daha katı bir tekstüre sahip olmasını sağlamıştır. Ekstrakt ilavesi lor bazlı formülasyondaki sürülebilirlik üzerine de etkiye sahiptir. Nar ve portakal kabuğu ekstraktları, karışıma eklenerek karışım ekstrakta göre daha pürüzlü bir uygulama sağlarken, karışık ekstrakt ilavesi karışımın daha kolay ve pürüzsüz bir şekilde sürülebilmesini sağlamıştır. Lor bazlı formülasyonda ekstrakt ilavesinin yapışkanlık üzerine etkisini incelediğimizde, nar ve portakal kabuğu ekstraktları, karışıma eklenerek daha az yapışkan bir yapışma özelliği sağlarken, karışık ekstrakt ilavesi karışımın daha yapışkan bir yapışma özelliğine sahip olmasını sağlamıştır. Son olarak ekstrakt ilavesinin lor bazlı formülasyondaki tutunabilirlik üzerine etkisini incelediğimizde ekstraktlar, karışıma eklenerek daha iyi bir yapışma ve tutunma özelliği sağlamışlardır. Bu durum, ürünün baskı sırasında katmanlara daha iyi yapışmasını ve baskı sonrası uzun süreli dayanıklılığı etkileyebileceğini göstermiştir.

Görüntü işleme değerleri dikkate alındığında en yüksek değer 32.12 ile 10 nolu örnekte, en düşük değerin ise 0.65 ile 17 nolu örnekte olduğu gözlemlenmiştir. Ekstrakt ilavesi ise lor bazlı formülasyondaki görüntü işleme değerleri üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olmuştur. Ekstrakt ilavesinin konsantrasyonu arttıkça görüntü işleme değerinin düştüğü tespit edilmiştir. Ayrıca ekstrakt ilavesi (nar ve karışık ekstrakt) baskı puanı kalitesini azaltırken, portakal kabuğu ekstraktı ilavesi baskı kalitesini minimal azaltmıştır.

Formülasyonlardaki ana bileşen peynir altı suyundan gelen serum proteinleridir. Peynir altı suyu proteinlerinin jel oluşturabilme, emülsifiye edebilme ve stabilize etme yetenekleri yapısal özellikleri üzerine önemlidir. Peynir altı suyu proteinlerinin en yaygın şekli küreseldir. β -laktoglobulin ve α -laktalbumin genellikle küre yapıda görünmektedirler. Bu küresel yapılar çözünürlük, emülsifikasyon ve jelleşme gibi özellikler üzerine etkilidirler. Ancak lor peynirine uygulanan kurutma işlemiyle yapısal deformasyonlar meydana gelmektedir. Dolayısıyla protein birikimleri/kümelenmeleri oluşmaktadır. Yapı küre şekillerinin yanı sıra düzensiz bir hal almaktadır. pH, sıcaklık ve kurutma koşulları bu düzensiz yapıların oluşumunu artırmaktadır. Formülasyona eklenen su, ksantan gam ve mısır nişastası; lor tozları ile birleşerek sıcaklık ve sonikasyonun da etkisiyle jelleşme ve stabil hale geçme davranışı sergilemektedir (Cui vd., 2022). Agregasyon oluşumu gözlemlenerek küçük yapıdaki proteinler birleşmiş ve daha büyük yığın kümeler oluşmuştur. Küresel ve düzensiz şekillere ek olarak, SEM görüntüleri lifli bir görünüme sahip peynir altı suyu protein yapılarını ortaya çıkarmaktadır. Bu uzun yapılar, protein fibrillerinin oluşumuyla sonuçlanan proteinlerin denatürasyonu ve agregasyonu ile oluşabilmektedir. Lifli şekillerin varlığı, peynir altı suyu proteini bazlı ürünlerin reolojik özelliklerini, dokusunu, matriks yapısını ve diğer bileşenleri etkileyebilmektedir. Ayrıca mikro yapı görüntüleri incelendiğinde ksantan gam ve mısır nişastası oranı formülasyonda arttıkça yapıların daha sıkı, gözenekler arasındaki boşlukların daha az olduğu görülmektedir. Taramalı Elektron Mikroskobu, peynir altı suyu proteinlerinin şekilleri ve morfolojik özellikleri hakkında önemli bilgiler sağlamıştır. SEM görüntülerinin incelenmesi, küresel, düzensiz, lifli ve kümelenmiş yapıların varlığını ortaya koymaktadır. Bu şekilleri ve etkilerini anlamak, gıda bilimi ve teknolojisi alanında peynir altı suyu proteini bazlı ürünlerin geliştirilmesi ve iyileştirilmesi için önemli bir parametre olmuştur. Ksantan gam ve mısır nişastasının suyu tutarak jelatinleşmeyi geliştirerek yapıyı iyileştirmesi, mikro yapı üzerinde etkili olmuştur.

Lor peyniri ile lor bazlı formülasyonları kıyasladığımızda 100-1000 μ m partikül boyutları arasında partikül çaplarının küçüldüğü ve küçük boyutlu partikül miktarlarının lor bazlı karışımda daha fazla bulunduğu gözlemlenmiştir. 0.01-1 μ m partikül boyutları arasında ise lor bazlı formülasyonda partikül miktarlarının daha az

olduğu gözlemlenmiştir. Lor bazlı formülasyon içerisinde bulunan diğer bileşenler ve uygulanan işlemler sayesinde daha homojen bir partikül dağılımı göstermişlerdir.

Formülasyona ekstrakt ilavesi, lor bazlı formülasyonun kuru madde içeriğini genel olarak artırmıştır. Nar kabuğu, portakal kabuğu ve karışık nar-portakal kabuğu ekstraktları, farklı oranlarda ilave edildiğinde kuru madde içeriği üzerinde değişikliklere neden olmuştur. Karışık nar-portakal kabuğu ekstraktı ilaveleri, diğer ekstraktlara kıyasla genellikle biraz daha yüksek kuru madde içeriği sağlamıştır.

Lor bazlı formülasyonda ekstrakt ilavesinin protein miktarı üzerinde belirgin bir etkisi gözlenmemiştir. Nar kabuğu ekstraktı, portakal kabuğu ekstraktı ve karışık ekstraktlar, protein miktarında anlamlı bir değişiklik yapmamıştır. Bu sonuçlar, ekstrakt ilavelerinin protein içeriği üzerindeki etkisinin sınırlı olduğunu göstermektedir. Protein miktarları, ekstrakt ilave edilmeyen formülasyonla benzer seviyelerde kalmıştır. Bu bulgular, protein miktarının ekstrakt ilavelerine bağlı olarak değişmediğini ve ekstraktların protein içeriği üzerinde belirgin bir etkisi olmadığını göstermektedir.

Nar kabuğu ekstraktı ilavesi yağ miktarı üzerinde belirgin bir etkiye sahip değildir. Portakal kabuğu ekstraktı ilavesi ve karışık ekstrakt ilaveleri, yağ miktarında hafif bir artışa neden olmuştur. En yüksek yağ miktarı, P₂ ve NP₂ örneklerinde elde edilmiştir. Yağ miktarındaki bu değişiklikler, ekstraktların içerdiği bileşiklerin yağ tutma veya yağ salınımını etkileyebileceğini göstermektedir. Sonuç olarak, ekstrakt ilavelerinin lor bazlı formülasyondaki yağ miktarı üzerinde sınırlı bir etkisi olduğu görülmektedir.

Nar kabuğu ekstraktı ilavesi, kül miktarında artışa neden olmuştur. Portakal kabuğu ekstraktı ilavesi, kül miktarında azalmaya neden olmuştur. Karışık ekstrakt ilaveleri, kül miktarında belirgin bir değişiklik yapmamıştır. Bu sonuçlar, ekstrakt ilavesinin lor bazlı formülasyonun kül içeriği üzerinde farklı etkilere sahip olduğunu göstermektedir.

Nar kabuğu ekstraktı ilavesinin toplam karbonhidrat miktarı üzerinde farklı etkileri olduğu görülmektedir. Bazı örneklerde karbonhidrat miktarı artmışken, bazı örneklerde azalmıştır. Bu farklılık, ekstraktın içerdiği bileşiklerin karbonhidrat miktarını etkileyebileceğini göstermektedir. Portakal kabuğu ekstraktı ilavesi, toplam karbonhidrat miktarını artırmıştır. Portakal kabuğu ekstraktının içerdiği karbonhidrat

bileşikleri, formülasyonun karbonhidrat içeriğini yükseltmiştir. Sonuç olarak, ekstrakt ilavesinin lor bazlı formülasyondaki toplam karbonhidrat miktarı üzerinde değişikliklere neden olduğu görülmektedir.

Ekstrakt ilavesi, lor bazlı formülasyondaki pH değerini minimal düşürmüştür. Ancak, bu değişiklikler pH skalasında çok küçük ölçekte gerçekleşmiştir. Nar kabuğu ekstraktı ilavesi, pH değerinde hafif bir azalışa neden olmuştur. Bunun sebepleri, ekstraktın içeriğinde bulunan asidik bileşikler olabilir. Portakal kabuğu ekstraktı ilavesi de pH değerinde hafif bir azalışa neden olmuştur. Portakal kabuğu ekstraktının içeriğindeki asidik bileşikler, pH değerini etkileyebilir. Karışık ekstrakt ilaveleri, pH değerinde benzer şekilde hafif bir azalışa neden olmuştur. Karışık ekstrakt ilavesinin pH üzerindeki etkisi, içerdiği asidik bileşiklerden kaynaklanabilir. Sonuç olarak, ekstrakt ilavesinin lor bazlı formülasyondaki pH değeri üzerindeki etkisi minimaldir. Bu sonuçlar, ekstrakt ilavesinin pH değeri üzerindeki etkilerinin dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Ancak bu etkiler genellikle kabul edilebilir sınırlar içerisinde değerlendirilmiştir.

Ekstrakt ilavesi, lor bazlı formülasyondaki L^* değerini genellikle düşürmüştür. Ekstraktlar, doğal olarak koyu renkli bileşikler içerdikleri için formülasyonun genel parlaklık değerini azaltmıştır. Nar kabuğu ekstraktı, portakal kabuğu ekstraktı ve karışık nar-portakal kabuğu ekstraktı ilaveleri, formülasyonun rengini daha koyu hale getirmiştir. Bu da L^* değerinin düşmesine yol açmıştır. Sonuç olarak, ekstrakt ilavesi, lor bazlı formülasyondaki L^* değerini düşürmüş ve renk tonunu koyulaştırmıştır. Formülasyonun istenilen parlaklık seviyesini elde etmek için ekstrakt ilavesinin miktarının dikkate alınması gerektiği tespit edilmiştir. Nar kabuğu ekstraktı kırmızı tonları artırırken, portakal kabuğu ekstraktı daha zayıf kırmızı tonları artırmıştır. Karışık ekstrakt ilavesi ise hafif bir kırmızılık etkisi göstermiştir. Nar kabuğu ekstraktı sarı tonları belirginleştirirken, portakal kabuğu ekstraktı daha güçlü bir sarılık etkisi yaratmıştır. Karışık ekstrakt ilavesi ise en yüksek sarılık değerlerini sağlamıştır. Bu sonuçlar formülasyonda istenen renk etkisini elde etmek için doğru ekstrakt kombinasyonunun seçilmesinin önemini vurgulamıştır.

Ekstrakt ilavesinin lor bazlı formülasyonda antioksidan aktiviteyi artırdığı belirlenmiştir. Nar kabuğu ekstraktı antioksidan etkinlik açısından daha güçlü bulunmuş ve en yüksek DPPH ve ABTS değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Portakal kabuğu ekstraktı ise daha düşük bir antioksidan etkinlik sağlamaktadır.

Karışık ekstrakt ilavesi ise nar ve portakal kabuğu ekstraktlarının kombinasyonu ile ortalama bir antioksidan aktivite elde edilmesini sağlamıştır. Bu sonuçlar, ekstrakt ilavesinin lor bazlı formülasyonun antioksidan aktivitesini artırarak ürünün insan sağlığı üzerine faydalarını potansiyel olarak artırabileceğini göstermiştir.

Ekstrakt ilavesinin lor bazlı formülasyondaki toplam fenolik madde miktarını artırdığını ve formülasyonun fonksiyonelliğini geliştirdiğini göstermiştir. Ekstrakt ilavesinin toplam fenolik madde miktarını artırması, formülasyonun antioksidan potansiyelini artırarak oksidatif stresle mücadele etme yeteneği kazandırmıştır. Dolayısıyla tüketicinin fonksiyonel bir ürün olarak tercih edebileceği düşünülmektedir.

Amino asit sonuçları değerlendirildiğinde lor peynirinde, lor tozunda ve lor bazlı formülasyonda Lösin (Leu) amino asidinin oransal olarak diğer amino asitlerden daha fazla bulunduğu tespit edilmiştir. Lor peynirinden, lor bazlı formülasyon üretiminde Prolin (Pro) ve Fenilalanin (Phe) değerlerinin azalış gösterdiği diğer amino asitlerin ise artış gösterdiği tespit edilmiştir. Bu azalışın lor peynirine uygulanan kurutma işleminden, artışın ise katılan yardımcı bileşenlerden meydana geldiği düşünülmektedir. Yetişkin bir insanın tüketmesi için tavsiye edilen amino asit değerleri ile karşılaştırdığımızda 100 gram lor bazlı formülasyon tüketildiğinde İzolösin ihtiyacının % 47'sini, Lösin ihtiyacının % 58'ini, Lizin ihtiyacının % 80'ini, Metionin ihtiyacının % 11'ini, Fenilalanin ihtiyacının % 19'unu, Treonin ihtiyacının % 46'sını ve Valin ihtiyacının ise % 41'ini karşılayabileceği düşünülmektedir (Stuart vd., 2008).

Ekstrakt ilavesiz (Z) formülasyondaki başlıca aroma aktif bileşenler Kaprilik asit, Kaprik asit, Laurik asit, Miristik asit, Hekzanoik asit, D-limonen, Farnesen, Benzen, Kaproleik asit, Etil linoleat, Nonanal, Bütanoik asit ve tetrametil pirazin olmuştur. Nar kabuğu ekstraktı ilaveli formülasyonlarda (N₁, N₂ ve N₃) ise farklı olarak D-limonen, asetik asit ve benzaldehit daha yüksek oranda tespit edilmiştir. Portakal kabuğu ekstraktı ilaveli formülasyonlarda (P₁, P₂ ve P₃) ise farklı olarak D-limonen, hekzanoik asit ve pentanoik asit daha yüksek oranda tespit edilmiştir. Nar + Portakal kabuğu ekstraktı ilaveli formülasyonlarda (NP₁, NP₂ ve NP₃) ise farklı olarak yine D-limonen, hekzanoik asit, asetik asit ve pentanoik asit daha yüksek oranda tespit edilmiştir.

Ekstrakt ilavesinin lor bazlı formülasyonun duysal renk özelliklerini değiştirdiğini göstermiştir. Farklı ekstraktların renk üzerinde farklı etkileri gözlemlenmiştir. Ekstraktların içerisinde bulunan renk pigmentleri ilave edildiği formülasyonun da renk özelliklerini değiştirmiştir. Tüketiciler için renk, bir ürünün kalite algısı üzerinde önemli bir faktördür. Formülasyonlarda ekstrakt kullanımı renk puanlarını etkilemiş ve ürünün tüketiciye sunulan görsel özelliklerini değiştirmiştir. Bu değişim, tüketicinin ürüne olan algısını ve satın alma kararını etkileyebileceği düşünölmektedir. Görünüş puanları, tüketicinin ürünün dikkat çekiciliği, sunumu ve kalitesi hakkındaki algısını etkileyebilir. Formülasyonda kullanılan ekstraktlar, ürünün görünüş puanları üzerinde değişikliğe sebep olmuştur. Ekstrakt ilavesinin, lor bazlı formülasyondaki tat puanlarını değiştirdiğini ve tat algısını etkilediğini göstermiştir. Panelistler, ürünün tadını önemli bir faktör olarak değerlendirmişlerdir. Hoş olmayan ekşi ve acı tatlar ürünün beğenisini azaltmıştır. Dolayısıyla, formülasyonda kullanılan ekstraktlar, ürünün tat profili üzerinde önemli bir rol oynamış ve tüketicilerin tat tercihlerini etkilemiştir. Ekstrakt ilavesinin lor bazlı formülasyondaki yapı puanlarını değiştirdiği ve ürünün yapısal özelliklerini etkilediği tespit edilmiştir. Ürünün yapısal özellikleri, tüketicilerin deneyimlediği doku, kıvam, sertlik, yumuşaklık, akışkanlık gibi özelliklerin belirlenmesinde önemlidir. Formülasyonda kullanılan ekstraktlar, ürünün yapısal özelliklerini reolojik özellikler ile paralel olarak etkilemiştir. Ekstrakt ilavesinin lor bazlı formülasyondaki genel kabul edilebilirlik puanlarını düşürdüğünü ve tüketicilerin ürünü daha az kabul edilebilir bulduklarını göstermiştir. Tat, aroma ve yapısal değişiklikler, tüketicilerin ürünü değerlendirirken önemli faktörlerdir. Nar veya portakal kabuğundaki bileşiklerin tat veya aroma profiline ekşi veya acı notalar eklediği ve tüketicilerin tercihlerini bu sebeple etkileyebileceği düşünölmektedir.

Uçak modeli baskısının duysal değerlendirme sonuçlarını incelediğimizde ekstrakt ilavesinin baskı öncesi duysal sonuçlara göre minimal seviyede daha yüksek puanlar aldığı tespit edilmiştir. Uçak modeli baskısının duysal yapı ve genel kabul edilebilirlik puanlarını ayrı olarak incelediğimizde nar kabuğu ekstraktının yapısal olarak daha olumlu bir etki sağladığı gözlemlenmiştir. Portakal kabuğu ekstraktının yapı puanları üzerindeki etkisi ise sınırlı olmuştur. Karışık nar-portakal kabuğu ekstraktının yapı puanlarını minimal düşürdüğü gözlemlenmiştir.

Ekstraktların uçak modeli baskısının yapısını etkileyebileceğini ve farklı ekstrakt kombinasyonlarının farklı yapısal sonuçlara yol açabileceğini göstermiştir.

Baskı önce ve sonrası arasındaki ilişkiyi belirleyen korelasyon analizi sonucunda yapı puanları (orta düzeyde korelasyon) hariç diğer duyuşal puanlar güçlü korelasyon olarak tespit edilmiştir. Yarı eğitimli panelist ekibi 3B baskı teknolojisinin ürünün duyuşal özellikleri üzerinde kısmen olumlu etkisi olduğunu bildirmişlerdir.

Özetle, ekstrakt oranı arttıkça kontrole göre fenolik, antioksidan, renk, kuru madde değerlerinin yükseldiğı fakat duyuşal analiz, tekstür, viskozite değerlerinin düştüğü belirlenmiştir. Ancak 3B gıda baskısının duyuşal analiz puanlarını olumlu yönde etkilediğı görülmüştür. Dolayısıyla % 1.1 nar ve portakal kabuğı ekstraktı karışımı üretilebilir nitelikte bulunmuştur. Kontrol ve % 1.1 ekstrakt karışımı içeren uçak baskısının değerleri sırasıyla % 33.80 ve 34.94 kuru madde, % 10.24 ve 10.23 protein, % 4.88 ve 4.87 yağ, % 4.29 ve 4.30 kül, % 13.40 ve 13.05 toplam karbonhidrat, 5.66 ve 5.43 pH, 84.30 ve 76.29 L* değeri, 0.91 ve 0.32 a* değeri, 15.10 ve 22.13 b* değeri, 0.014 ve 0.041 mM T/g DPPH yöntemiyle antioksidan aktivitesi, 0.487 ve 1.303 mM T/g ABTS yöntemiyle antioksidan aktivitesi, 7.03 ve 28.92 mg GAE/100ml toplam fenolik madde, 6.77 ve 6.30 Pa.s viskozite, 0.25 ve 0.26 kayıp tanjant değeri, 1166.42 ve 1154.56 g sıkılık, 899.29 ve 889.23 g.s sürülebilirlik, -1232.46 ve -1284.75 g yapışkanlık, -254.45 ve -284.49 g.s tutunabilirlik, 31.38 ve 28.73 görüntü işleme değeri, 90 ve 85 baskı puanı, 8.30 ve 7.47 duyuşal renk puanı, 8.20 ve 7.17 görünüş puanı, 6.62 ve 6.17 tat puanı, 7.13 ve 6.75 yapı puanı, 6.95 ve 6.55 genel kabul edilebilirlik puanı olarak tespit edilmiştir.

Günümüzde, ebeveynlerin yeme güçlüğü çeken çocuklarına faydalı besinleri ilgi çekici hale getirip albenisini yükseltmek istemesi ve tüketicilerin butik veya ev yapımı gıdalara ve kişiselleştirilmiş gıda tasarımlarına olan ilgisi gözle görülür şekilde artmaktadır. Bu taleplerin endüstri tarafından karşılanması için 3B gıda yazıcılarının kullanılması, kesin ve hatasız üretim beklentisi, hammaddelerin israfının azaltılması ve nitelikli personel gereksinimi gibi nedenlerle gelecekte yapılacak çalışmalar için önemli bir potansiyel olacağı düşünülmektedir. Sonraki çalışmalar için ekstraktları % 0.5 veya daha düşük oranlarda ilave etme ve acılığın giderilmesi için ekstraktları mikrokapsüle ederek karışıma ekleme çalışmaları yapılacaktır. Ayrıca optimize edilen formülasyona farklı meyvelerden elde edilen

ekstraktlar veya farklı fonksiyonel gıda bileşenleri ilavesi çalışmaları planlanmaktadır. Kabuk ekstraktları duyu kaliteyi geliştirmemiştir. Ancak 3B gıda baskısı bu olumsuzluğu belli noktalarda telafi etmiştir. Formülasyonun tat puanlarını geliştirmek için ayrıca içerisine tatlandırıcı, su yerine acılığı ve ekşiliği maskeleyen için limon suyu eklenebileceği düşüncesindeyiz. Ancak optimize edilen örneklerle başka meyvelerin ekstraktları veya lezzetlendirici fonksiyonel bileşikler ilave edildiğinde baskı kalitesini etkileyip etkilemediklerinin ayrıca incelenmesi gerekmektedir.



KAYNAKLAR

- Adiamo O.Q., Ghafoor K., Al-Juhaimi F., Babiker E.E. and Mohamed Ahmed I.A. (2018). Thermosonication process for optimal functional properties in carrot juice containing orange peel and pulp extracts. *Food Chemistry*, Volume 245, 2018, Pages 79-88, ISSN 0308-8146, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.10.090>.
- Ahmad, I., Hao, M., Li, Y., Zhang, J., Ding, Y. and Lyu, F. (2022). Fortification of yogurt with bioactive functional foods and ingredients and associated challenges - A review. *Trends in Food Science & Technology*, Volume 129, 2022, Pages 558-580, ISSN 0924-2244, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.11.003>.
- Akarca, G. ve Başpınar, E. (2019). Determination of pomegranate peel and seed extracted in different solvents for antimicrobial effect. *Turkish journal of agriculture - food science and technology*, 7 (sp1): 46-53. DOI: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v7isp1.46-53.2689>.
- Aksan-Aldanmaz, E. ve Sever, R. (2017). Gıdaların dizaynında 3 boyutlu yazıcı teknolojisi uygulamaları. 19. Akademik bilişim konferansı 8-10 Şubat 2017, Aksaray Üniversitesi, Aksaray.
- Alexandre, E., Castro, L., Moreira, S., Pintado, M. and Saraiva, J. (2017). Comparison of emerging technologies to extract high-added value compounds from fruit residues: Pressure-and electro-based. *Food Engineering Reviews*. 9. 190-212.
- Am, E., Hussien, H., Homouda, N.S. and Fathalla, E.K. (2019). Impact of pomegranate peels and moringa oleifera extract on the viability of E.coli O111:H2 (EHEC O111:H2) in yoghurt. *Nutrition and Food Technology*, Volume 5, ISSN 2470-6086. <https://doi.org/10.16966/2470-6086.154>.
- Ammar, E.M.A., Ismail, M.M., El-Shazly, A.K. and Eid, M.Z. (2014). Effect of supplementation with olive oil on some properties of bio-yoghurt. *The Asia Journal Of Applied Microbiology*, 2014, 1(4): 66-77.
- Anandharamakrishnan, C., Moses, J.A. and Anukiruthika, T. (2022). *3D printing of Foods*, First Edition. Published John Wiley & Sons Ltd. 576 pages. ISBN: 978-1119669821
- Anvari, M. and Joyner, H.S. (2018). Concentrated emulsions as novel fat replacers in reduced-fat and low-fat Cheddar cheeses. Part 1. Rheological and microstructural characterization. *International Dairy Journal*, Volume 86, 2018, Pages 76-85, ISSN 0958-6946, <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2018.06.017>
- AOAC (2000). *Official Methods of Analysis Association of Official Analytical Chemists*. 17th edition. AOAC International, Gaithersburg, MD.
- AOAC, S. (1990). In K. Helrich (Ed.), *Official methods of analysis (15th ed.)*. Arlington, VA, USA: Association of Official Analytical Chemists, Inc.
- Apaydın, D. (2019). Farklı Xanthomonas türlerinin atık ekmeklerden ksantan gam üretimi ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Doktora Tezi. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, 2019.
- Arduzlar, D. (2003). Salep içeceğinin reolojik özelliklerinin belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, İstanbul.
- Arıkan, B. (2008). Sıcaklık, pH ve konsantrasyonun ayva püresinin reolojik özellikleri üzerine etkisi. *Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, İstanbul.
- Atalay, D. ve Erge, S.E. (2018). Gıda takviyeleri ve sağlık üzerine etkileri. *Food and Health*, 4(2), 98-111, E-ISSN: 2602-2834, DOI: 10.3153/FH18010.

- Aşık, H. (2018). Lipaz enzimi ile modifiye edilen sıvı yumurta akının reolojik karakterizasyonu ve üretilen bezenin fonksiyonel özelliklerinin belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, 2018.
- Bareen, M.A., Joshi, S., Sahu, J.K., Prakash, S. and Bhandari, B. (2021). Assessment of 3D printability of heat acid coagulated milk semi-solids ‘soft cheese’ by correlating rheological, microstructural, and textural properties. *Journal of Food Engineering*, Volume 300, 110506, ISSN 0260-8774, <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110506>.
- Barrales, F., Silveira, P., Barbosa, P., Ruviaro, A., Paulino, B., Pastore, G. and Martinez, J. (2018). Recovery of phenolic compounds from citrus by-products using pressurized liquids -An application to orange peel. *Food and Bioproducts Processing*. Volume 112, November 2018, Pages 9-21.
- Barrantes, E., Tamime, A.Y., Sword, A.M., Muir, D.D. and Kaláb, M. (1996). The manufacture of set-type natural yoghurt containing different oils - 2: Rheological properties and microstructure. *International Dairy Journal*, Volume 6, Issues 8–9, 1996, Pages 827-837, ISSN 0958-6946, [https://doi.org/10.1016/0958-6946\(96\)00010-6](https://doi.org/10.1016/0958-6946(96)00010-6)
- Basu, S. and Shivhare, U.S. (2010). Rheological, textural, micro-structural and sensory properties of mango jam. *Journal of Food Engineering*. 100: 357–365.
- Baş, D. and Boyacı, I.H. (2007). Modeling and optimization I: Usability of response surface methodology. *Journal of food engineering*, 78:3, 836-845.
- Batu, A. ve Molla, E. (2008). Lokum üretiminde kullanılan katkı maddeleri. *Gıda teknolojileri elektronik dergisi* (1) 33-36, ISSN: 1306-7648.
- Bıldır, B. (2018). Sıcaklık ve farklı kıvam verici maddelerin ketçabın reolojik özellikleri üzerine etkileri. *Yüksek Lisans Tezi. Bursa Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, Bursa.
- Bielska, P., Cais-Sokolińska, D., Teichert, J., Biegalski, J., Kaczyński, Ł.K. and Chudy, S. (2021). Effect of honeydew honey addition on the water activity and water holding capacity of kefir in the context of its sensory acceptability. *Scientific Reports*, 11, 22956 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-02424-7>
- Bodruk, A. ve Acar, F. (2022). Dairy products in space nutrition and potential processing of dairy products with 3D/4D printers as a space food. *Akademik Gıda* 20 (2), 182-188, DOI: 10.24323/akademik-gida.1149883
- Bopitiya, D. and Madhujith, T. (2015). Efficacy of pomegranate (*Punica granatum* L.) peel extracts in suppressing oxidation of white coconut oil used for deep frying. *Tropical agricultural research*, Volume 25 (3), 298–306. DOI: <http://doi.org/10.4038/tar.v25i3.8040>
- Brereton, R.G. (2007). *Applied chemometrics for scientists*. John Wiley & Sons.
- Brighenti, M., Govindasamy-Lucey, S., Jaeggi, J.J., Johnson, M.E. and Lucey, J.A. (2020). Behavior of stabilizers in acidified solutions and their effect on the textural, rheological, and sensory properties of cream cheese. *Journal of Dairy Science*, Volume 103, Issue 3, 2020, Pages 2065-2076, ISSN 0022-0302, <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17487>
- Bulut, E.G. (2019). Üç boyutlu (3B) gıda yazıcısı kullanılarak fonksiyonel tavuk eti ürünü üretimi. *Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, Ankara.

- Burritobot, (2014). "A 3-D printer that spits out burritos", Erişim Tarihi: Aralık 2015 <http://www.fastcodesign.com/1670070/burritobot-a-3-d-printer-that-spits-out-burritos>
- Cai, Q., Zhong, Y., Xu, M., Huang, Q. and Lu, X. (2022). 3D printed high oil custard cream: Effects of whey protein isolate, hydroxypropylated starch and carrageenan on physicochemical properties and printing performance. *LWT*, Volume 156, 113039, ISSN 0023-6438, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.113039>.
- Candoğan, K. ve Bulut, E.G. (2021). 3D gıda baskısı: güncel durum ve gelecek eğilimleri. *GIDA* (2021) 46 (1) 152-167 DOI: 10.15237/gida.GD20130.
- Carota, E., Petruccioli, M., D'Annibale, A., Gallo, A. M. and Crognale, S. (2020). Orange peel waste-based liquid medium for biodiesel production by oleaginous yeasts. *Applied microbiology and biotechnology*, Volume 104 (10), 4617-4628. <https://doi.org/10.1007/s00253-020-10579-y>
- Cesur, H. (2014). Kurutulmuş turuncgil kabuklarının kefirin bazı mikrobiyal, kimyasal ve fiziksel özelliklerine etkisi. *Yüksek Lisans Tezi. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı*, Balıkesir.
- Chatziantoniou, S.E., Thomareis, A.S. and Kontominas, M.G. (2019). Effect of different stabilizers on rheological properties, fat globule size and sensory attributes of novel spreadable processed whey cheese. *European Food Research and Technology*, 245, 2401–2412, <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03360-7>
- Chhatriya, H., Srinivasan, S., Choudhary, P. and Begum, S. (2022). Corn starch biofilm reinforced with orange peel powder: Characterization of physicochemical and mechanical properties. *Materials Today: Proceedings*. Volume 59, Part 1, 2022, Pages 884-892. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.01.339>
- Chow, C.Y., Thybo, C.D., Sager, V.F., Riantiningtyas, R.R., Bredie, W.L.P. and Ahrné, L. (2021). Printability, stability and sensory properties of protein-enriched 3D-printed lemon mousse for personalised in-between meals. *Food Hydrocolloids*, Volume 120, 106943, ISSN 0268-005X, <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106943>.
- Cox, D.R. and Reid, N. (2000). *The theory of the design of experiments*. CRC Press.
- Cochran, W.G. and Cox, G.M. (1957). *Experimental design*. 2nd ed. Wiley, New York, 335p.
- Cui, F., McClements, D.J., Liu, X., Liu, F. and Ngai, T. (2022). Development of pH-responsive emulsions stabilized by whey protein fibrils. *Food Hydrocolloids*, Volume 122, 2022, 107067, ISSN 0268-005X, <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107067>.
- Çam, M. and Hışıl, Y. (2010). Pressurised water extraction of polyphenols from pomegranate peels. *Food Chemistry*. 123. 878-885.
- Çağlak, E., Kara, B., Karşlı, B., Öğretmen, Ö.Y., Gürdal, A. A. ve Kara A. (2022). Rize ilinde yetiştirilen bazı yöresel ürün atıklarının (çay tohumu, portakal ve mandalina kabuğu) antimikrobiyal ve antioksidan aktivitelerinin belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 53 (3), 166-177, Erzurum.
- Çoban, E.Ç. (2019). Portakal ve limon kabuklarının antioksidan ve antibakteriyel özellikleri. *Doktora tezi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı*, Konya.
- Daffner, K., Vadodaria, S., Ong, L., Nobel, S., Gras, S., Norton, I. and Mills, T. (2021). Design and characterization of casein–whey protein suspensions via the pH–temperature-route for application in extrusion-based 3D-Printing. *Food Hydrocolloids*, Volume 112, 2021, 105850, ISSN 0268-005X. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105850>.

- Danneberg, K. (2021). Production of bioplastics from food waste and possibilities of usage in food industries. *Bachelor's Thesis. Food Science and Technology Department. Estonian University of Life Sciences. Tartu, Estonia.*
- Değerli, C. ve El, S.N. (2017). Üç boyutlu (3D) yazıcı teknolojisi ile gıda üretimine genel bakış. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5 (6): 593-599.
- Demirel, H. ve Demir, M.K. (2018). Farklı turuncgillerden elde edilen albedoların bisküvi üretiminde kullanımı. *GIDA*, 43(3), 501-511.
- Deveci, E.Ü. (2008). Portakal atıklarından *Aspergillus niger* filamentli fungusu kullanılarak sitrik asit üretiminde değerlendirilmesi. *Doktora Tezi. Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, Mersin.
- Diaz, J.V., Van Bommel, K.J.C., Noort, M.W.J., Henket, J. and Briër, P. (2018). “Method for the production of edible objects using sls and food products”, *Google Patents*. WO2014193226A1
- Dimova, N. (2003). RP-HPLC Analysis of Aminoacids with UV-Detection. *Bulgarian Academy of Science*, Tome 56, No: 12.
- Du, Y., Zhang, M. and Chen, H. (2021). Effect of whey protein on the 3D printing performance of konjac hybrid gel. *LWT*, Volume 140, 110716, ISSN 0023-6438, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110716>.
- El-Beltagi, H. S., Eshak, N. S., Mohamed, H. I., Bendary, E. S. and Danial, A. W. (2022). Physical characteristics, mineral content, and antioxidant and antibacterial activities of *Punica granatum* or *Citrus sinensis* peel extracts and their applications to improve cake quality. *Plants*, 11 (13), 1740.
- El-Messery, T. M., El-Said, M.M., Shahein, N.M., El-Din, H.F., and Farrag, A. (2019). Functional yoghurt supplemented with extract orange peel encapsulated using coacervation technique. *Pakistan Journal of Biological Sciences: PJBS*, 22(5), 231-238.
- El-Sayed, E.M., Murad, H.A. and El Gawad I.A. (2002). Utilization of laboratory-produced xanthan gum in the manufacture of yogurt and soy yogurt. *European Food Research and Technology*, 215(4), 298–304. <https://doi.org/10.1007/s00217-002-0551-9>
- Elaltunkara, Z. (2018). Nar çekirdeği ve nar kabuğu tozunun probiyotik yoğurt üretiminde prebiyotik olarak kullanım olanaklarının araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi. Harran Üniversitesi Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, Şanlıurfa.
- Erdoğan, M. (2019). Enzim uygulaması ve pastörizasyon işleminin kozan misket portakalından elde edilen meyve suyunun aroma ve aroma aktif bileşikleri üzerine etkileri. *Yüksek Lisans Tezi. Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, Nevşehir.
- Eren, İ. (2004). Patateslerin osmotik dehidrasyonunun “response surface” metodu kullanılarak optimizasyonu. *Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, İzmir.
- Erol, H. (2020). Badem sütünden ballı ve muzlu kefir üretimi. *Yüksek Lisans Tezi. Namık Kemal Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, Tekirdağ.
- Ersöz, E.B. (2019). Nar kabuğu ekstraktının soya içeceği katkılı yoğurtlarda kullanılabilirliğinin araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, Samsun.

- Fan, F., Li, S., Huang, W. and Ding, J. (2022). Structural characterization and fluidness analysis of lactose/whey protein isolate composite hydrocolloids as printing materials for 3D printing. *Food Research International*, Volume 152, 110908, ISSN 0963-9969, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110908>.
- Feng, L., Wu, J., Song, J., Li, D., Zhang, Z., Xu, Y., Yang, R., Liu, C. and Zhang, M. (2020). Effect of particle size distribution on the carotenoids release, physicochemical properties and 3D printing characteristics of carrot pulp. *LWT*, 139 (July 2020), 110576. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110576>
- Fu, W. and Nakamura, T. (2020). Moisture content impact creaming effect and microstructure of processed cheese containing different textural starches. *International Dairy Journal*, 105, 104685. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104685>
- Gheshlaghi, R., Scharer, J.M., Moo-Young, M. and Douglas, P.L. (2008). Application of statistical design for the optimization of aminoacids separation by reverse-phase HPLC. *Analytical Biochemistry*, 383, 93-102.
- Gil, M., Tomas-Barberan, F., Hess-Pierce, B., Holcroft, D. and Kader, A. (2000). Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 48. 4581-4589.
- Godoi, F.C., Prakash, S. and Bhandari B.R. (2016). 3D printing technologies applied for food design: Status and prospects. *Journal of Food Engineering*. Volume 179, June 2016, Pages 44-54 <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.01.025>
- Godoi, F.C., Bhandari, B.R., Prakash, S. and Zhang, M. (2019). *Fundamentals of 3D food printing and applications*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/C2017-0-01591-4>
- Göksel-Saraç, M. ve Dedebaş, T. (2019). Turunçgil albedoları ile zenginleştirilmiş lokum üretimi ve karakterizasyonu. *GIDA*, 44 (6) 1121-1135. <https://doi.org/10.15237/gida.GD19084>
- Gu, Z., Fu, J., Lin, H. and He, Y. (2019). Development of 3D bioprinting: from printing methods to biomedical applications. *Asian Journal of Pharmaceutical Sciences* 15: 529–557.
- Gudapati, H., Dey, M. and Ozbolat, I. (2016). A comprehensive review on droplet-based bioprinting: past, present and future. *Biomaterials* 102: 20–42.
- Güler, A. (2011). Siyah üzüm posası katkılı mısır cipsi eldesi: Yeni üründe kalite özelliklerinin, antioksidan kapasitenin ve bazı kateşin fenoliklerin izlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi. Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, Manisa.
- Güneşer, O. ve Yüceer, Y.K. (2010). Gıdalarda aroma maddelerinin belirlenmesinde gaz kromatografisi-olfaktometri (GCO) tekniklerinin kullanılması. *GIDA*, 35 (5), 371-378.
- Güven, A. ve Gülmez, M. (2006). Fonksiyonel gıdalar ve sağlıkla ilişkisi. *Kafkas Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*. 12 (1): 91-96.
- Güven, M., Kalender, M. and Taşpınar, T. (2018). Effect of using different kinds and ratios of vegetable oils on ice cream quality characteristics. *Foods*. 2018; 7 (7): 104, <https://doi.org/10.3390/foods7070104>
- Güzeler, N., Esmek, E.M. ve Kalender, M. (2017). Peyniraltı suyu ve peyniraltı suyunun içecek sektöründe değerlendirilme olanakları. *Çukurova Tarım Gıda Bil. Dergisi. Çukurova J. Agric. Food Sci.* 32(2): 27-36.

- Hamad, M.N., El-Bushuty, D.H.A. and Abdallah, A.M.H. (2021). Chemical, rheological, microbiological and organoleptic properties of labneh manufactured by using some vegetable oils. *Academic Journal of Life Sciences*, ISSN(e): 2415-2137, ISSN(p): 2415-5217, <https://doi.org/10.32861/ajls.71.28.38>
- Hao, L., Mellor, S., Seaman, O., Henderson, J., Sewell, N. and Sloan, M. (2010). Material characterisation and process development for chocolate additive layer manufacturing. *Virtual Physical Prototyping*. 5, 57e64. <https://doi.org/10.1080/17452751003753212>
- Hasler, C.M. and Brown A.C. (2009). Position of the American Dietetic Association: functional foods. *Journal of the American Dietetic Association*. 109 (4), 735-46.
- Hemar, Y., Tamehana, M., Munro, P.A. and Singh, H. (2001). Viscosity, microstructure and phase behavior of aqueous mixtures of commercial milk protein products and xanthan gum. *Food Hydrocolloids*, Volume 15, Issues 4–6, 2001, Pages 565-574, ISSN 0268-005X, [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(01\)00077-7](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(01)00077-7)
- Hematyar, N., Samarin, A.M., Poorazarang, H. and Elhamirad, A.H. (2012). Effect of gums on yogurt characteristics. *World Applied Sciences Journal* 20 (5): 661-665, 2012, ISSN 1818-4952, <https://doi.org/10.5829/idosi.wasj.2012.20.05.2353>
- Huang, H., Hsu, C., Yang, B. and Wang, C. (2013). Advances in the extraction of natural ingredients by high pressure extraction technology. *Trends in Food Science Technology*. 33, 54-62.
- Hull, C.W. (1986). "Apparatus for the production of three-dimensional objects by stereolithography", *US Patent* US4575330A.
- Hussain, S., Mohammed, A.A., Alamri, M.S., Saleh, A., Ibraheem, M.A., Qasem, A.A.A., Shamlan, G. and Abartain, I.A. (2022). Rheological, textural, and sensory properties of non-fat yogurt containing cress (*Lepidium sativum*) seed gum and various starches. *Food Science and Technology (Campinas)*, v42, e30121, 2022, ISSN 1678-457X. <https://doi.org/10.1590/fst.30121>
- İçyer, N.C. (2012). Nar kabuğu fenolik bileşiklerinin su ile ekstraksiyonu ve ekstraktların mikrokapsülasyonu. *Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, Kayseri.
- İlyasoğlu, H. (2009). Ayvalık ve memecik zeytinyağlarının coğrafi işaretleme amacıyla karakterizasyonu. *Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, İstanbul.
- Jiang, M., Zhu, W., Ruan, S., Jia, Y., Bai, X. and Sun, J. (2021). Effect of ultrasonic power and frequency on rheological properties of Chinese honey, *LWT*, Volume 137, 2021, 110425, ISSN 0023-6438, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110425>.
- Joshi, S., Sahu, J.K., Bareen, M.A., Prakash, S., Bhandari, B., Sharma, N. and Naik, S.N. (2021). Assessment of 3D printability of composite dairy matrix by correlating with its rheological properties. *Food Research International*, Volume 141, 110111, ISSN 0963-9969, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110111>.
- Joyner, H.S. and Damiano, H. (2015). Influence of various hydrocolloids on cottage cheese cream dressing stability. *International Dairy Journal*, Volume 51, 2015, Pages 24-33, ISSN 0958-6946, <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2015.06.007>
- Kaçar, D. (2010). Kimyasal interesterifikasyon yöntemi ile zeytinyağı bazlı yeni bir yağ ürününün geliştirilmesi ve kek bisküvi üretiminde kullanılabilirliğinin araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, Ankara.

- Kaderides, K., Kyriakoudi, A., Mourtzinis, I. and Goula, A.M. (2021). Potential of pomegranate peel extract as a natural additive in foods. *Trends in Food Science & Technology*, Volume 115, Pages 380-390, ISSN 0924-2244. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.050>.
- Kaderides, K., Mourtzinis, L. and Goula, A.M. (2020). Stability of pomegranate peel polyphenols encapsulated in orange juice industry by-product and their incorporation in cookies. *Food Chemistry*, Volume 310, 125849, ISSN 0308-8146. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125849>.
- Kahraman, Ç. ve Yavuz, N. (2022). “Peynir altı suyu proteini mikrojeli katkısı ile 3 boyutlu gıda yazdırılması”. Poster Bildiri (P125). 12. Gıda Mühendisliği Öğrenci Kongresi, 21-22 Mart 2022, Bursa.
- Kahramanoglu, I. (2019). Trends in pomegranate sector: production, postharvest handling and marketing. *International Journal of Agriculture Forestry and Life Sciences*, 3 (2), 239-246. <https://dergipark.org.tr/en/pub/ijafils/issue/47015/569461>
- Kahramanoglu, I. and Usanmaz, S. (2016). *Pomegranate production and marketing* (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b20151>
- Kaminarides, S., Nestoratos, K. and Massouras, T. (2013). Effect of added milk and cream on the physicochemical, rheological and volatile compounds of Greek whey cheeses. *Small Ruminant Research*, Volume 113, Issues 2–3, 2013, Pages 446-453, ISSN 0921-4488, <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2013.04.009>
- Kamran Khan, M., Abert-Vian, M., Fabiano-Tixier, A., Dangles, O. and Chemat, F. (2010). Ultrasound-assisted extraction of polyphenols (flavanone glycosides) from orange (*Citrus sinensis* L.) peel. *Food Chemistry*, 119, 851–858.
- Kanatt, S.R., Chander, R. and Sharma, A. (2010). Antioxidant and antimicrobial activity of pomegranate peel extract improves the shelf life of chicken products. *International Journal of Food Science and Technology*, Volume 45, 216–222, ISSN: 0950-5423. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.02124.x>.
- Kandil, M. (2019). Bazı probiyotik bakterilerin gelişmesi üzerine ksantan gaminin etkisi. *Yüksek Lisans Tezi. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, Bursa.
- Karaaslan, M., Ozden, M., Vardin, H. and Turkoglu, H. (2011). Phenolic fortification of yogurt using grape and callus extracts. *LWT- Food Science and Technology*, 44, 1065-1072.
- Karadal, F. ve Yıldırım, Y. (2012). Balın kalite nitelikleri, beslenme ve sağlık açısından önemi. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 9 (3), 197-209.
- Karaman, S., Yilmaz, M.T. and Kayacier, A. (2011). Simplex lattice mixture design approach on the rheological behavior of glucomannan based salep-honey drink mixtures: An optimization study based on the sensory properties. *Food Hydrocolloids*, Volume 25, Issue 5, 2011, Pages 1319-1326, ISSN 0268-005X <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2010.12.007>.
- Karasu, S., Toker, O.S., Yilmaz, M.T., Karaman, S., and Dertli, E. (2015). Thermal loop test to determine structural changes and thermal stability of creamed honey: Rheological characterization. *Journal of Food Engineering*, 150, 90-98.
- Kaşgöz, A. (2012). Karbon dolgulu siklo-olefin kopolimer (Coc) kompozitlerinin reolojik davranışlarının incelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, 2012.

- Kaya, G., Evlen, H. ve Çetinkaya, K. (2016). “3 Boyutlu yiyecek yazıcısı tasarımı ve prototipi”, *3B Baskı Teknolojileri Uluslararası Sempozyumu (International Symposium on 3D Printing Technologies)*, İstanbul.
- Kayacier, A. ve Karaman, S. (2008). “Balların reolojik karakterizasyonu”, *Türkiye 10. Gıda Kongresi*, 21-23 Mayıs 2008, 285-288, Erzurum.
- Kaynarca, G. ve Taşkın, B. (2020). Portakal kabuğunun farklı yöntemlerle kurutulması ve bazı teknolojik özelliklerinin incelenmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 10. 2604-2617.
- Kern, C., Weiss, J. and Hinrichs, J. (2018). Additive layer manufacturing of semi-hard model cheese: Effect of calcium levels on thermo-rheological properties and shear behavior. *Journal of Food Engineering*, Volume 235, Pages 89-97, ISSN 0260-8774, <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.04.029>.
- Kharchoufi, S., Licciardello, F., Siracusa, L., Muratore, G., Hamdi, M. and Restuccia, C. (2018). Antimicrobial and antioxidant features of “Gabsi” pomegranate peel extracts. *Industrial Crops and Products*. 111. 345-352.
- Khezri, M., Shahriari, S. and Shahsavani, L. (2016). The effect of xanthan gum and temperature on foam stability of milk-based espresso coffees. *Journal of Food Biosciences and Technology*. Volume 07, Issue 1 January 2017 Pages 15-22.
- Kılıç, S. and Temiz, H. (2022). “Üç boyutlu patates püresi baskısının yazdırılabilirliğinin görüntü işleme yöntemiyle incelenmesi”, 2. *International Anatolian Scientific Research Congress*. Page: 324. October 25, 2022 / Sanliurfa, Türkiye. ISBN: 978-625-8246-40-7.
- Kılınç-Şahin, S. ve Bekar, A. (2018). Küresel bir sorun “Gıda atıkları”: Otel işletmelerindeki boyutları. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 6(4), 1039-1061. DOI: 10.21325/jotags.2018.347
- Kıvanç, M. (1989). Doğal aroma maddeleri üretimine biyoteknolojik yaklaşım. *Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fak., TÜT Bölümü* 14 [3] 165-170, Erzurum.
- Koç, B. ve Ertekin, F.K. (2010). Yanıt yüzey yöntemi ve gıda işleme uygulamaları, *GIDA*, 35, 1, 63-70.
- Koç, M. (2009). Pastörize sıvı yumurtanın püskürtmeli kurutma yöntemi ile optimum kurutma koşullarının belirlenmesi ve mikroenkapsülasyonu. *Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, İzmir.
- Kodama, H. (1981). Automatic method for fabricating a threedimensional plastic model with photo-hardening polymer. *Review of Scientific Instruments*. 52, 1770.
- Kontou, V., Dimitreli, G. and Raphaelides, S.N. (2019). Elongational flow studies of processed cheese spreads made from traditional greek cheese varieties. *LWT*, Volume 107, Pages 318-324, ISSN 0023-6438, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.03.032>
- Kotilainen, L., Rajalahti, R., Ragasa, C. and Pehu, E. (2006). “Health enhancing foods: Opportunities for strengthening developing countries”. Agriculture and Rural Development discussion paper; no. 30. *Washington, DC: World Bank*. Erişim tarihi: 23 Şubat 2021. <http://documents.worldbank.org/curated/en/314421468324275640/Health-enhancing-foods-opportunities-for-strengthening-developing-countries>
- Krishnaraj, P., Anukiruthika, T., Choudhary, P., Moses, J.A. and Anandharamakrishnan, C. (2019). 3D extrusion printing and postprocessing of fibre-rich snack from indigenous composite flour. *Food and Bioprocess Technology* 12 (10): 1776–1786. <https://doi.org/10.1007/s11947-019-02336-5>.

- Kumar, N., Daniloski, D., Pratibha, Neeraj, D'Cunha, N.M., Naumovski, N. and Petkoska, A.T. (2022). Pomegranate peel extract – A natural bioactive addition to novel active edible packaging. *Food Research International*, Volume 156, 111378, ISSN 0963-9969. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111378>.
- Le Tohic, C., O'Sullivan, J., Drapala, K.P., Chartrin, V., Chan, T., Morrison, A.P., Kerry, J.P. and Kelly, A.L. (2017). Effect of 3D printing on the structure and textural properties of processed cheese. *Journal of Food Engineering*, Volume 220, 2018, Pages 56-64, ISSN 0260-8774, <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.02.003>.
- Lee, C.P., Karyappa, R. and Hashimoto, M. (2020). 3D printing of milk-based product. *RSC Advances*. 10. 21-28. <https://doi.org/10.1039/D0RA05035K>
- Li, B., Smith, B. and Hossain, M. (2013). Extraction of phenolics from citrus peels: II. Enzyme-assisted extraction method. *Separation and Purification Technology*. 48. 189-196.
- Li, Y., Guo, C., Yang, J., Wei, J., Xu, J. and Cheng, S. (2006). Evaluation of antioxidant properties of pomegranate peel extract in comparison with pomegranate pulp extract. *Food Chemistry*. 96. 254-260.
- Lille, M., Nurmela, A., Nordlund, E., Metsä-Kortelainen, S. and Sozer, N. (2018). Applicability of protein and fiber-rich food materials in extrusion-based 3D printing. *Journal of Food Engineering*, 220, 20–27. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.04.034>
- Liu, L. and Ciftci, O. (2021). Effects of high oil compositions and printing parameters on food paste properties and printability in a 3D printing food processing model. *Journal of Food Engineering*. Volume 288. 110-135. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110135>
- Liu, Y., Liu, D., Wei, G., Ma, Y., Bhandari, B. and Zhou, P. (2018). 3D printed milk protein food simulant: Improving the printing performance of milk protein concentration by incorporating whey protein isolate. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 49. 116-126.
- Liu, Y., Yu, Y., Liu, C., Regenstein, J., Liu, X. and Zhou, P. (2019a). Rheological and mechanical behavior of milk protein composite gel for extrusion-based 3D food printing. *LWT - Food Science and Technology*. Volume 102. 338-346. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.12.053>
- Liu, Y., Zhang, W., Wang, K., Bao, Y., Regenstein, J.M. and Zhou, P. (2019b). Fabrication of gel-like emulsions with whey protein isolate using microfluidization: Rheological properties and 3D printing performance. *Food and Bioprocess Technology*. Volume 12, Pages 1967–1979. <https://doi.org/10.1007/s11947-019-02344-5>
- Liu, Z. and Zhang, M. (2019). *3D food printing technologies and factors affecting printing precision*. Chapter 2 - Fundamentals of 3D Food Printing and Applications, 19–40. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-814564-7.00002-x>.
- Londoño-Londoño, J., Rodrigues de Lima, V., Lara, O., Gil A., Crecsynski, T.B., Arango, G.J. and Pineda, J.R. (2010). Clean recovery of antioxidant flavonoids from citrus peel: Optimizing an aqueous ultrasound-assisted extraction method. *Food Chemistry*, 119, 81–87.
- Ma, Y., Potappel, J., Chauhan, A., Schutyser, M.A.I., Boom, R. and Zhang, L. (2023). Improving 3D food printing performance using computer vision and feedforward nozzle motion control. *Journal of Food Engineering*, Volume 339, 111277, ISSN 0260-8774, <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2022.111277>.

- Machado, T.A.D.G., de Oliveira, M.E.G., Campos, M.I.F., de Assis, P.O.A., de Souza, E.L., Madruga, M.S. and Egypto, R.D.C.R. (2017). Impact of honey on quality characteristics of goat yogurt containing probiotic *Lactobacillus acidophilus*. *LWT*, 80, 221-229. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2017.02.013>
- Malone, E and Lipson, H. (2007). Fab@Home: The personal desktop fabricator kit. *Rapid Prototyping Journal*, 13 (4), 245–255.
- Manjunatha, M., Kumar, G.M., Khushbu, K., Anand, B.A. and Amita, D.V. (2019). Antioxidant activity of orange peel powder in ghee at accelerated temperature. *Indian Journal of Dairy Science*, 72(2), 223-226.
- Manoi, K. and Rizvi, S.S.H. (2008). Rheological characterizations of texturized whey protein concentrate-based powders produced by reactive supercritical fluid extrusion. *Food Research International*, Volume 41, Issue 8, 2008, Pages 786-796, ISSN 0963-9969, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2008.07.001>
- Marcotte, M., Hoshahili, A.R.T. and Ramaswamy, H.S. (2001). Rheological properties of selected hydrocolloids as a function of concentration and temperature. *Food Research International*, Volume 34, Issue 8, 2001, Pages 695-703, ISSN 0963-9969, [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(01\)00091-6](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(01)00091-6)
- Marzouk, B. (2013). Characterization of bioactive compounds in Tunisian bitter orange (*Citrus aurantium* L.) peel and juice and determination of their antioxidant activities. *Hindawi Publishing Corporation BioMed Research International* Volume 2013, Article ID 345415, 12 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2013/345415>
- Mastrodi-Salgado, J., Baroni-Ferreira, T.R., de Oliveira -Biazotto, F. and Santos-Dias, C.T. (2012). Increased antioxidant content in juice enriched with dried extract of pomegranate (*Punica granatum*) peel. *Plant Foods for Human Nutrition*, 67, 39–43. <https://doi.org/10.1007/s11130-011-0264-y>.
- Mcmullan, D. (1995). Scanning Electron Microscopy 1928–1965. *Scanning* Vol. 17, 3.
- Meral, H. ve Demirdöven, A. (2022). Gıdanın özelleştirilmesi ve detaylandırılmasında 3 boyutlu (3D) yazıcının kullanımı. *Gıda The Journal Of Food*. 47. 91-106.
- Metin, M. (2017). *Süt ve Mamülleri Analiz Yöntemleri (Duyusal, Fiziksel ve Kimyasal Analizler)*. 11. Baskı. Ege Üniversitesi Ege Meslek Yüksekokulu Yayınları No: 9. Bornova – İzmir.
- Mohsin, A., Ni, H., Luo, Y., Wei, Y., Tian, X., Guan, W., Ali, M., Khan, I.M., Niazi, S., Rehman, S. and Zhuang, Y. (2019). Qualitative improvement of camel milk date yoghurt by addition of biosynthesized xanthan from orange waste. *LWT*, Volume 108, 2019, Pages 61-68, ISSN 0023-6438, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.03.039>
- Molitch-Hou, M. (2014). “The 3D fruit printer and the raspberry that tasted like a strawberry”. Erişim tarihi: 30 Mart 2023. <https://3dprintingindustry.com/news/3d-fruit-printer-raspberry-tasted-like-strawberry-27713>
- Montgomery, D.C. (2005). *Design and analysis of experiments: Response surface method and designs*. (Editörler: John Wiley ve Sons, Inc.) New Jersey.
- Mortaş, M. (2016). Krem bal üretim parametrelerinin optimizasyonu. *Doktora Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, Samsun.
- Mounsey, J.S. and O’Riordan, E.D. (2007a). Modification of imitation cheese structure and rheology using pre-gelatinised starches. *European Food Research and Technology* 226, 1039–1046 <https://doi.org/10.1007/s00217-007-0629-5>

- Mounsey, J.S. and O’Riordan, E.D. (2007b). Influence of pre-gelatinised maize starch on the rheology, microstructure and processing of imitation cheese. *Journal of Food Engineering*, Volume 84, Issue 1, 2008, Pages 57-64, ISSN 0260-8774. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.04.017>
- Murad, H.A., Mohamed, S.H., El-Khair, A.G., Azab, E.A. and Khalil, M.A. (2016). Impact of xanthan gum as fat replacer on characteristics of low fat Kariesh cheese. *International Journal of Dairy Science*, Volume: 11 Issue: 3 Page No.: 106-113 ISSN 1811-9743, <https://doi.org/10.3923/ijds.2016.106.113>
- Narvhus, J.A., Østby, N. and Abrahamsen, R.K. (2019). Science and technology of cultured cream products: A review, *International Dairy Journal*, Volume 93, 2019, Pages 57-71, ISSN 0958-6946, <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2019.01.011>
- Nations Environment Programme, 2021. “Food Waste Index Report 2021”. Nairobi, Kenya. ISBN No: 978-92-807-3851-3
- Nguyen, P.T.M., Kravchuk, O., Bhandari, B. and Prakash, S. (2017). Effect of different hydrocolloids on texture, rheology, tribology and sensory perception of texture and mouthfeel of low-fat pot-set yoghurt. *Food Hydrocolloids*, Volume 72, 2017, Pages 90-104, ISSN 0268-005X, <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.05.035>
- Nijdam, J.J., Agarwal, D. and Schon, B.S. (2021). Assessment of a novel window of dimensional stability for screening food inks for 3D printing. *Journal of Food Engineering*, Volume 292, 110349, ISSN 0260-8774, <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110349>.
- Noronha, N., Duggan, E., Ziegler, G.R., O’Riordan, E.D. and O’Sullivan, M. (2008). Inclusion of starch in imitation cheese: Its influence on water mobility and cheese functionality. *Food Hydrocolloids*, Volume 22, Issue 8, 2008, Pages 1612-1621, ISSN 0268-005X, <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2007.11.007>
- Okumuş, G. (2016). Nar (*Punica Granatum L.*) kabuk ve çekirdeklerinin antioksidan kapasitelerinin belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda mühendisliği Ana Bilim Dalı*, Bursa.
- Okumuş, G., Yıldız, E. ve Akpınar-Bayizit, A. (2015). Doğal antioksidan bileşikler: nar yan ürünlerinin antioksidan olarak değerlendirilmesi. *Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, Cilt 29, Sayı 2, 203-214.
- Orak, H., Yağar, H. and İşbilir, S. (2012). Comparison of antioxidant activities of juice, peel, and seed of pomegranate (*Punica granatum L.*) and inter-relationships with total phenolic, tannin, anthocyanin and flavonoid contents. *Food Science and Biotechnology*. 21. 373-387.
- Ozbolat, I.T. and Hospodiuk, M. (2016). Current advances and future perspectives in extrusion-based bioprinting. *Biomaterials*, 76: 321–343.
- Özcan, T. ve Özcan, M. (2022). Fermente süt kreması ve özellikleri. *Food and Health*, 8 (1), 78-91. <https://doi.org/10.3153/FH22008>
- Özdemir, G. (2022). Üç boyutlu (3D) gıda yazıcısı kullanılarak vejetaryen burger köftesi üretimi. *Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, Ankara.
- Özdemir, H., Soyer, A., Tağı, Ş. ve Turan, M. (2014). Nar kabuğu ekstraktının antimikrobiyel ve antioksidan aktivitesinin köfte kalitesine etkisi. *GIDA* 39 (6): 355-362.

- Özdemir, N., Pashazadeh, H., Zannou, O. and Koca, I. (2022). Phytochemical content, and antioxidant activity, and volatile compounds associated with the aromatic property, of the vinegar produced from rosehip fruit (*Rosa canina* L.). *LWT*, Volume 154, 112716, ISSN 0023-6438. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112716>
- Özgür, A., Erdem, T. ve Öztekin, S. (2015). Nar çekirdeği yağının çıkartılması amacıyla farklı kurutma yöntemlerinin uygulanması üzerine bir araştırma. *Tarım Makinaları Bilim Dergisi*, Cilt.11, sa.2, ss.167-172.
- Pallottino, F., Hakola, L., Costa, C., Antonucci, F., Figorilli, S., Seisto, A. and Menesatti, P. (2016). Printing on food or food printing: A review. *Food and Bioprocess Technology* 9, 725-733.
- Paraskevopoulou, A., Athanasiadis, I., Blekas, G., Koutinas, A.A., Kanellakib, M. and Kiosseoglou, V. (2003). Influence of polysaccharide addition on stability of a cheese whey kefir-milk mixture. *Food Hydrocolloids* 17 (2003) 615–620.
- Paulo, F. and Santos, L. (2017). Design of experiments for microencapsulation applications: A review. *Materials Science and Engineering: C*, 77, 1327-1340.
- Periard, D., Schaal, N., Schaal, M., Malone, E. and Lipson H. (2007). “Printing food”. *Proceedings of the 18th Solid Freeform Fabrication Symposium*, Austin TX, Aug 2007, 564–574.
- Pisz, I. (2020). Impact Covid-19 pandemic on implementation Industry 4.0 in enterprises and supply chains. *Scientific Papers of Silesian University of Technology. Organization and Management Series*. 150. 183-198. <http://dx.doi.org/10.29119/1641-3466.2021.150.14>
- Pizzillo, M., Claps, S., Cifuni, G.F., Fedele, V. and Rubino, R. (2005). Effect of goat breed on the sensory, chemical and nutritional characteristics of ricotta cheese. *Livestock Production Science*, Volume 94, Issues 1–2, Pages 33-40, ISSN 0301-6226, <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2004.11.024>.
- Plessas, S., Bekatorou, A., Gallanagh, J., Nigam, P., Koutinas, A.A. and Psarianos, C. (2008). Evolution of aroma volatiles during storage of sourdough breads made by mixed cultures of *Kluyveromyces marxianus* and *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* or *Lactobacillus helveticus*. *Food Chemistry*, 107, 883–889.
- Prudêncio, E.S., Müller, C.M., Fritzen-Freire, C.B., Amboni, R.D.C. and Petrus, J.C.C. (2014). Effect of whey nanofiltration process combined with diafiltration on the rheological and physicochemical properties of ricotta cheese. *Food Research International*, 56, 92-99. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.12.017>
- Rafiq, S., Kaul, R., Sofi, S.A., Bashir, N., Nazir, F. and Nayik, G.A. (2018). Citrus peel as a source of functional ingredient: A review. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, Volume 17, Issue 4, Pages 351-358, ISSN 1658-077X, <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2016.07.006>
- Riantiningtyas, R.R., Sager, V.F., Chow, C.Y., Thybo, C.D., Bredie, W.L.P. and Ahrné, L. (2021). 3D printing of a high protein yoghurt-based gel: Effect of protein enrichment and gelatine on physical and sensory properties. *Food Research International*, Volume 147, 110517, ISSN 0963-9969, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110517>.
- Ross, M.M., Crowley, S.V., Crotty, S., Oliveira, J., Morrison, A.P. and Kelly, A.L. (2021). Parameters affecting the printability of 3D-printed processed cheese. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, Volume 72, 2021, 102730, ISSN 1466-8564, <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102730>.
- Saleh, A., Mohammed, A.A., Alamri, M.S., Husain, S., Qasem, A.A. and Ibraheem, M.A. (2020). Effect of different starches on the rheological, sensory and storage attributes of non-fat set yogurt. *Foods*, 2020, 9, 61, <https://doi.org/10.3390/foods9010061>

- Sarı, H.A. (2017). Zeytinyağı üretiminde ultrases uygulaması ve yaprak ilavesinin yağ verim ve kalitesi üzerine etkisi. *Doktora Tezi. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, Denizli.
- Sarojini, A., Raju, C.V., Lakshmisha, I.P., Amitha and Gajendra (2019). Effect of pomegranate (*Punica granatum*) peel extract on lipid oxidation in sardine fish oil. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 7 (2): 140-144, E-ISSN: 2320-7078 P-ISSN: 2349-6800.
- Seyrekoğlu, F. (2020). Bazı kantaron ekstraktlarının enkapsülasyon tekniği ile ayran üretiminde kullanılması. *Doktora Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, Samsun.
- Song, X., Sun, X., Ban, Q., Cheng, J., Zhang, S. and Guo, M. (2020). Gelation and microstructural properties of a millet-based yogurt-like product using polymerized whey protein and xanthan gum as thickening agents. *Journal of Food Science* Volume 85, Issue 11 November 2020 Pages: 3927-3933 <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15504>
- Songür, A.N. ve Çakıroğlu, F.P. (2016). Gıda kayıpları ve atık yönetimi. *Türkiye Klinikleri Journal of Nutrition and Dietetics-Special Topics*, 2 (3), 21-26.
- Stijepić, M., Glušac, J. and Djurdjević-Milošević, D. (2013). Effect of honey addition on rheological properties of probiotic soy yoghurt. *Journal of Chemists, Technologists and Environmentalists*, 5 (9). DOI:10.7251/GHTE1309029S
- Stijepić, M., Grujić, R. and Malinović, N. (2021). Effects of goat whey protein concentrate on syneresis of acidophilus milk. *Journal of Hygienic Engineering and Design*. Volume 37. 95-101. UDC: 637.344'639.045
- Stuart, P.S., Bell, S.J. and Molnar, J. (2008). Use of tryptophan-fortified hydrolyzed collagen for nutritional support. *Journal Of Dietary Supplements*, 5:4,383-400 DOI: 10.1080/19390210802519689
- Subaşı, M., Özcan, A. ve Aykut, Ş. (2016). “Yaş pasta süslemeleri için 3D yazıcı tasarımı ve prototipi”. *3B Baskı Teknolojileri Uluslararası Sempozyumu (International Symposium on 3D Printing Technologies)*, İstanbul.
- Suhag, Y. and Nanda, V. (2016). Optimization for spray drying process parameters of nutritionally rich honey powder using response surface methodology. *Cogent Food & Agriculture*, 2:1, DOI:10.1080/23311932.2016.1176631
- Sun, J., Peng, Z., Zhou, W., Fuh, J.Y.H., Hong, G.S. and Chiu, A. (2015). A review on 3D printing for customized food fabrication. *Procedia Manufacturing*, 1, 308–319.
- Sun, J., Zhou, W., Yan, L., Huang, D. and Lin, L. (2018). Extrusion-based food printing for digitalized food design and nutrition control. *Journal of Food Engineering*, 220, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.02.028>
- Süren, F. (2010). Haşhaş tohumu ezmesi ve üzüm pekmezi karışımlarının reolojik özellikleri. *Yüksek Lisans Tezi. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, Denizli.
- Sworn, G. (2021). *Handbook of Hydrocolloids (Third Edition)*, Chapter 27 – Xanthan gum. Woodhead Publishing, Pages 833-853, ISBN: 9780128201046, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820104-6.00004-8>
- Şahin, A. (2020). “Nar yetiştiriciliği”. Bülten, Mayıs 2020. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Antalya.

- Şakar-Deliormanlı, A., Çelik, E. ve Polat, M. (2008). Rheological behavior of PMN gels for solid freeform fabrication. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 324(1), 159-166.
- Şen, E. (2019). Farklı Xanthomonas bakteriler kullanılarak üzüm posasından ksantan gam üretimi. *Yüksek Lisans Tezi. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, Tekirdağ.
- Şenocak, S., Ünlütürk, N.N., Konar, N. ve Yetim, H. (2019). Helal içecek aromaları: turunçgil örneği. *Helal ve Etik Araşt. Derg. / J. Halal & Ethical Res.* 1(1): 29-38.
- Talbot-Walsh, G., Kannar, D. and Selomulya, C. (2019). pH effect on the physico-chemical, microstructural and sensorial properties of processed cheese manufactured with various starches. *LWT*, Volume 111, 2019, Pages 414-422, ISSN: 0023-6438. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.05.036>
- Tashakori, A., Yasini-Ardakani, S.A. and Daneshi, M. (2013). Effect of whey protein concentrate and cornstarch on chemical, rheological and sensorial properties of white feta cheese. *Journal of Food and Nutrition Research*, 1(6), 128-131.
- Taşdelen, M.A., Bingöl, M., Yılmaz, Y. ve Kahramaner, H. (2019). “Geri dönüştürülmüş termoplastiklerin üç boyutlu yazıcılardaki performansları”. *4th International Congress on 3D Printing (Additive Manufacturing) Technologies and Digital Industry*. 11-14 April, 2019. Sayfa 182-190. ISBN: 978-975-96797-3-6
- Temirbekova, A. (2020). Farklı oranlarda portakal kabuğu ekstraktı kullanılarak fonksiyonel kurut üretimi. *Yüksek Lisans Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, Samsun.
- Tomašević, I., Putnik, P., Valjak, F., Pavlić, B., Šojić, B., Markovinović, A.B. and Kovačević, D.B. (2021). 3D printing as novel tool for fruit-based functional food production. *Current Opinion in Food Science*, Volume 41, Pages 138-145, ISSN 2214-7993, <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.03.015>
- Top, C. (2020). Patates ve mısır nişastalarının farklı oranlarda karışımlarının jelly üretimi üzerindeki tekstür ve duysal özelliklerinin araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, Tekirdağ.
- Topkaya, C. (2017). Nar kabuğu tozu ilavesinin keklerin besinsel, duysal ve mikrobiyolojik özelliklerine etkisi. *Yüksek Lisans Tezi. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, Denizli.
- Tseng, A. and Zhao, Y. (2013). Wine grape pomace as antioxidant dietary fibre for enhancing nutritional value and improving storability of yogurt and salad dressing. *Food Chemistry*, 138, 356–365.
- Türker, M., Godlinski, D., Pohl, H. and Petzoldt, F. (2005). “Rapid prototyping of inconel alloys by direct metal laser sintering and three dimensional printing”. *Euro PM 2005: Powder Metallurgy Congress and Exhibition*, VL 3, 93-98.
- TÜİK, (2022a). “Süt ve süt ürünleri üretimi, Aralık 2022”. *Ankara: Türkiye İstatistik Kurumu*. Erişim tarihi: 25 Mart 2023. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sut-ve-Sut-Urunleri-Uretimi-Aralik-2022-49484>
- TÜİK, (2022b). “Bitkisel Ürün Denge Tabloları, 2022”. *Ankara: Türkiye İstatistik Kurumu*. Erişim tarihi: 26 Haziran 2023. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Urun-Denge-Tablolari-2022-49456>
- United Nations Environment Programme, (2021). “Food Waste Index Report”. Nairobi, Kenya. ISBN No: 978-92-807-3868-1

- Urgancı, U. and Işık, F. (2021). Quality characteristics of biscuits fortified with pomegranate peel. *Akademik Gıda* 19 (1) 10-20, DOI: 10.24323/akademik-gida.927462.
- Uribe-Alvarez, R., O'shea, N., Murphy, C.P., Coleman-Vaughan, C. and Guinee, T.P. (2021). Evaluation of rennet-induced gelation under different conditions as a potential method for 3D food printing of dairy-based high-protein formulations. *Food Hydrocolloids*. Volume 114, 106542. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106542>
- Uyar-Tamer, C. (2017). Kurutmanın portakal kabuğunun fiziksel özelliklerine etkileri. *Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, Ankara.
- Uzman, P., Ovalı, Z., Uğurlu, G. ve Yavuz, N. (2022). “Üç boyutlu yazıcı ile basımı yapılan sebze püresinin incelenmesi”. Poster Bildiri (P127). 12. *Gıda Mühendisliği Öğrenci Kongresi*; 21-22 Mart 2022, Bursa.
- Vithani, K., Goyanes, A., Jannin, V., Basit, A.W., Gaisford, S. and Boyd, B.J. (2019). An overview of 3D printing technologies for soft materials and potential opportunities for lipid-based drug delivery systems. *Pharmaceutical Research* 36 (1): 4.
- Voon, S.L, An, J., Wong, G., Zhang, Y. and Chua, C. (2019). 3D food printing: a categorised review of inks and their development. *Virtual and Physical Prototyping*. Volume 14 (3). 230-218. <https://doi.org/10.1080/17452759.2019.1603508>
- Wang, Z., Chen, X., Guo, Z., Feng, X., Huang, P., Du, M., Zalán, Z. and Kan, J. (2022). Distribution and natural variation of free, esterified, glycosylated, and insoluble-bound phenolic compounds in brocade orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) peel. *Food Research International*, Volume 153, 110958, ISSN 0963-9969, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.110958>
- Wirjantoro, T.I., Chuamanochan, M. and Jitrsakul, A. (2004). Effect of different carbohydrate sources on sweetened pasteurised milk. *Chiang Mai University Journal*, 3 (3), 199.
- Wright, B.J., Zevchak, S.E., Wright, J.M. and Drake, M.A. (2009). The impact of agglomeration and storage on flavor and flavor stability of Whey Protein Concentrate 80% and Whey Protein Isolate. *Journal of Food Science*, 74: S17-S29. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00975.x>
- Yaman, K. (2012). Bitkisel atıkların değerlendirilmesi ve ekonomik önemi. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 12 (2): 339-348.
- Yamul, D. and Lupano, C. (2003). Properties of gels from whey protein concentrate and honey at different pHs. *Food Research International* 36. 25-33. DOI: 10.1016/S0963-9969(02)00104-7.
- Yang, W., Tu, A., Ma, Y., Li, Z., Xu, J., Lin, M., Zhang, K., Jing, L., Fu, C., Jiao, Y. and Huang, L. (2022). Chitosan and whey protein bio-inks for 3D and 4D printing applications with particular focus on food industry. *Molecules*, 27, 173. <https://doi.org/10.3390/molecules27010173>
- Yanık, M.M. (2019). Nar ve siyah havuç posalarında biyoaktif bileşik ekstraksiyon verimini artırmak için karbonik maserasyon ön işleminin uygulanması. *Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, Isparta.
- Yaprak-Aydın, H. (2019). Üç boyutlu yazıcıyla çikolata ve lokum üretimi. *Yüksek Lisans Tezi. Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, Gaziantep.

- Yarız, G. (2021). Portakal kabuklarından şekerleme üretimi üzerine araştırma. *Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, Adana.
- Yasoubi, P., Barzegar, M., Sahari, M.A. and Azizi, M.H. (2007). Total phenolic contents and antioxidant activity of pomegranate (*Punica granatum L.*) peel extracts. *Journal of Agricultural Science and Technology (JAST)* January, 2007, Volume 9, Number 1; Page(s) 34-42.
- Yazlak, D.B. (2012). Portakal kabuğu yağı ilavesinin rafine zeytinyağının oksidatif stabilitesi ve duysal özelliklerine etkisinin belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi. İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, Malatya.
- Yıldız, A., Kılınç, G., Olgun, O. ve Gül, E.T. (2023). Rasyona portakal kabuğu tozu ilavesinin yumurtlayan bıldırcınlarda performans, yumurta kalitesine ve yumurta sarısı antioksidan aktivitesine etkisi. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 11(1), 151-155.
- Yılmaz, H.N. (2014). Havuç suyu konsantresinin reolojik özellikleri. *Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, İstanbul.
- Yılmaz-Çevik, C. (2015). Zeytin ve zeytin ürünlerinin bazı makro ve mikro inorganik bileşenlerinin analizi. *Yüksek Lisans Tezi. Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Ana Bilim Dalı*, Aydın.
- Yiğitbaşı, Ö. (2021). Turizm sektöründe üç boyutlu gıda baskısı ve gıda ürünlerinin pazarlanması. *Yüksek Lisans Tezi. Düzce Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Turizm ve Otel İşletmeciliği Ana Bilim Dalı*, Düzce.
- Zeng, X., Chen, H., Chen, L. and Zheng, B. (2020). Insights into the relationship between structure and rheological properties of starch gels in hot-extrusion 3D printing. *Food Chemistry* 342: 128362.
- Zhai, C., Li, Y., Zhang, Y., Duan, Z. and Yang, X. (2018). Optimization for pectinase-assisted extraction of polysaccharides from pomegranate peel with chemical composition and antioxidant activity. *International Journal of Biological Macromolecules*. 109. 244-253.
- Zhang, R., Ma, S., Li, L., Zhang, M., Tian, S., Wang, D., Liu, K., Liu, H., Zhu, W. and Wang, X. (2021). Comprehensive utilization of corn starch processing by-products: A review. *Grain & Oil Science and Technology*, 4 (3), 89–107. <https://doi.org/10.1016/j.gaost.2021.08.003>
- Zhao, Q., Zhao, M., Yang, B. and Cui, C. (2009). Effect of xanthan gum on the physical properties and textural characteristics of whipped cream. *Food Chemistry*, Volume 116, Issue 3, 2009, Pages 624-628, ISSN 0308-8146, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.02.079>
- Zoran, A. and Coelho, M. (2011). Cornucopia: the concept of digital gastronomy. *Leonardo*, 44 (5), 425–431.

EKLER

Ek 1. Ham maddeler, gıda formülasyonu ve son üründe yapılan analizler

Analiz Listesi	MKE	LT	MD	ZFB	UB
Kuru madde					X
Protein					X
Yağ					X
Mineral (Kül)					X
Toplam Karbonhidrat					X
pH	X				X
Suda Çözünür Kuru madde (B°)	X				
Renk					X
Antioksidan Aktivitesi	X				X
Toplam Fenolik Madde	X				X
Aroma Bileşimi	X	X			X
Reolojik Özellikler			X	X	
Amino Asit Kompozisyonu		X			X
Tekstür Profili			X	X	
Partikül Büyüklüğü		X			X
Görüntü İşleme (ImageJ)			X	X	
Baskı Puanı			X	X	
Amino Asit Profili		X			X
Mikro yapı		X	X ¹		X
Duyusal Analiz				X	X

MKE: Meyve Kabuğu Ekstraktları

LT: Lor Tozu

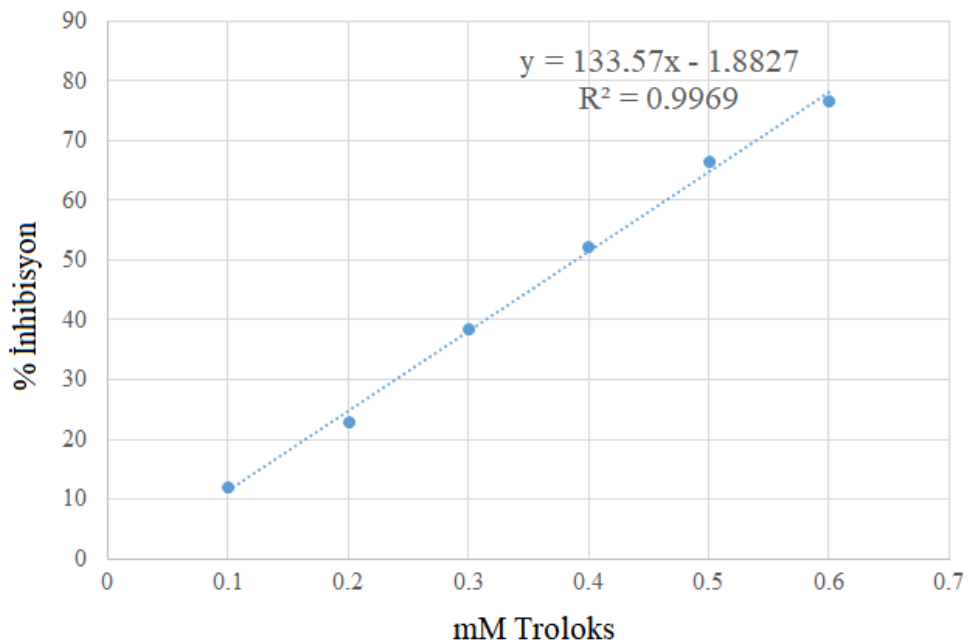
MD: Optimizasyon için 29 adet Model Desen

ZFB: Zenginleştirilmiş fonksiyonel basılabılır 10 adet ürün (1 ekstraksız ve 9 ekstraktlı)

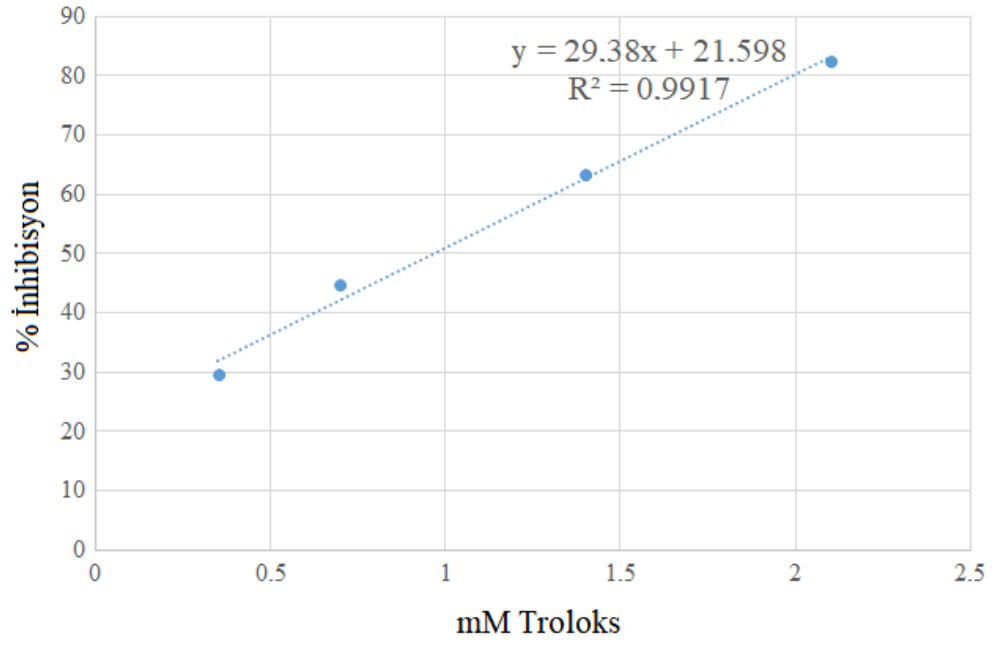
UB: Uçak Baskısı

¹: Sadece 17, 13, 9, 5, 15 nolu deney örneklerinde yapılmıştır.

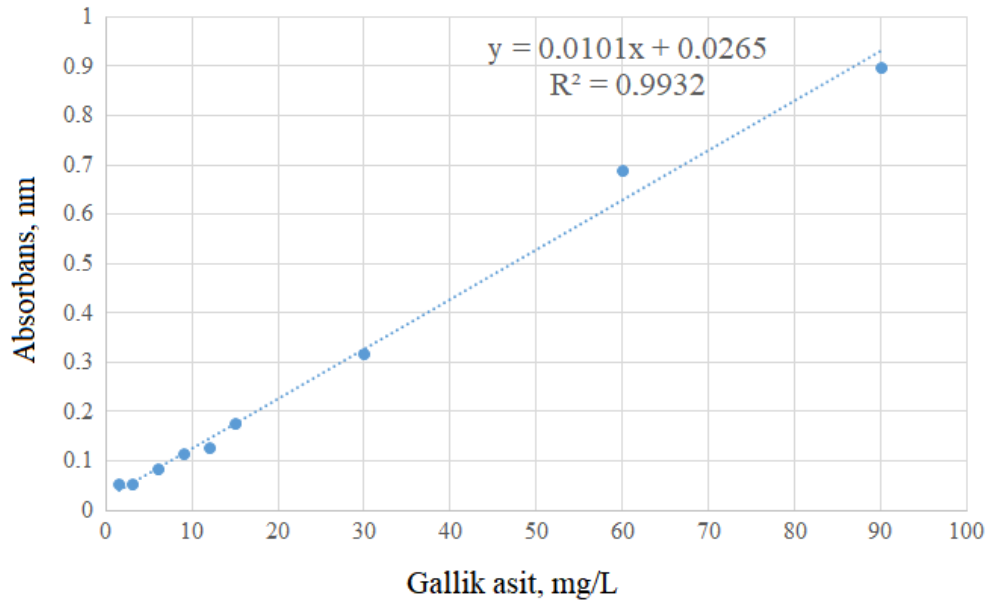
Ek 2. DPPH yöntemiyle antioksidan aktivitesi Troloks standart eğrisi



Ek 3. ABTS+ yöntemiyle antioksidan aktivitesi Troloks standart eğrisi



Ek 4. Gallik asit standart eğrisi (Toplam fenolik madde tayini için)



Ek 5. Zenginleştirilmiş lor bazlı formülasyonun tekstür analizinde sıklık yanıtı için modellerin uygunsuzluk ve uygunluk değerleri

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p Değeri
Ortalama vs Toplam	4.721E+07	1	4.721E+07		
Lineer vs Ortalama	6.521E+06	4	1.630E+06	58.50	< 0.0001
2FI vs Lineer	1.804E+05	6	30058.38	1.11	0.3960
Kuadratik vs 2FI	1.437E+05	4	35936.66	1.46	0.2667
Kübik vs Kuadratik	2.347E+05	8	29337.07	1.60	0.2919
Kalıntı	1.100E+05	6	18333.93		
Toplam	5.440E+07	29	1.876E+06		
A-Stabilizatör	4.078E+06	1	4.078E+06	146.35	< 0.0001
B-Nişasta	8.683E+05	1	8.683E+05	31.16	< 0.0001
C-Krema	1.582E+05	1	1.582E+05	5.68	0.0254
D-Bal	1.416E+06	1	1.416E+06	50.81	< 0.0001
Kalıntı	6.688E+05	24	27866.54		
Lack of Fit	6.409E+05	20	32044.48	4.59	0.0746
Saf Hata	27907.57	4	6976.89		
Uygunluk Değerleri					
Standart Sapma	Ortalama	R ²	Adj-R ²	Pre- R ²	Adeq Pre.
166.93	1275.94	0.9070	0.8915	0.8588	26.7334

Ek 6. Zenginleştirilmiş lor bazlı formülasyonun tekstür analizinde sürülebilirlik yanıtı için modellerin uygunsuzluk ve uygunluk değerleri

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p Değeri
Ortalama vs Toplam	2.702E+07	1	2.702E+07		
Lineer vs Ortalama	4.093E+06	4	1.023E+06	54.70	< 0.0001
2FI vs Lineer	1.379E+05	6	22978.62	1.33	0.2949
Kuadratik vs 2FI	89204.99	4	22301.25	1.41	0.2825
Kübik vs Kuadratik	1.620E+05	8	20250.82	2.03	0.2022
Kalıntı	59905.39	6	9984.23		
Toplam	3.156E+07	29	1.088E+06		
A-Stabilizatör	2.567E+06	1	2.567E+06	137.19	< 0.0001
B-Nişasta	4.609E+05	1	4.609E+05	24.64	< 0.0001
C-Krema	98744.81	1	98744.81	5.28	0.0306
D-Bal	9.671E+05	1	9.671E+05	51.69	< 0.0001
Kalıntı	4.490E+05	24	18707.86		
Lack of Fit	4.322E+05	20	21610.33	5.15	0.0614
Saf Hata	16782.00	4	4195.50		
Uygunluk Değerleri					
Standart Sapma	Ortalama	R ²	Adj-R ²	Pre- R ²	Adeq Pre.
136.78	965.29	0.9012	0.8847	0.8486	25.7238

Ek 7. Zenginleştirilmiş lor bazlı formülasyonun tekstür analizinde yapışkanlık yanıtı için modellerin uygunsuzluk ve uygunluk değerleri

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p Değeri
Ortalama vs Toplam	5.647E+07	1	5.647E+07		
Lineer vs Ortalama	5.800E+06	4	1.450E+06	58.41	< 0.0001
2FI vs Lineer	1.451E+05	6	24181.30	0.9657	0.4755
Kuadratik vs 2FI	1.266E+05	4	31646.79	1.37	0.2951
Kübik vs Kuadratik	2.020E+05	8	25250.46	1.24	0.4077
Kalıntı	1.221E+05	6	20356.14		
Toplam	6.287E+07	29	2.168E+06		
A-Stabilizatör	3.353E+06	1	3.353E+06	135.07	< 0.0001
B-Nişasta	1.027E+06	1	1.027E+06	41.36	< 0.0001
C-Krema	1.942E+05	1	1.942E+05	7.82	0.0100
D-Bal	1.226E+06	1	1.226E+06	49.39	< 0.0001
Kalıntı	5.958E+05	24	24825.64		
Lack of Fit	5.611E+05	20	28052.82	3.23	0.1320
Saf Hata	34759.04	4	8689.76		
Uygunluk Değerleri					
Standart Sapma	Ortalama	R ²	Adj-R ²	Pre- R ²	Adeq Pre.
157.56	-1395.49	0.9068	0.8913	0.8587	27.4093

Ek 8. Zenginleştirilmiş lor bazlı formülasyonun tekstür analizinde tutunabilirlik yanıtı için modellerin uygunsuzluk ve uygunluk değerleri

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p Değeri
Ortalama vs Toplam	2.527E+06	1	2.527E+06		
Lineer vs Ortalama	2.553E+05	4	63836.28	53.57	< 0.0001
2FI vs Lineer	5046.67	6	841.11	0.6428	0.6952
Kuadratik vs 2FI	5866.40	4	1466.60	1.16	0.3694
Kübik vs Kuadratik	13962.25	8	1745.28	2.81	0.1124
Kalıntı	3726.34	6	621.06		
Toplam	2.811E+06	29	96942.04		
A-Stabilizatör	1.779E+05	1	1.779E+05	149.28	< 0.0001
B-Nişasta	42942.11	1	42942.11	36.03	< 0.0001
C-Krema	3045.83	1	3045.83	2.56	0.1230
D-Bal	31455.63	1	31455.63	26.39	< 0.0001
Kalıntı	28601.66	24	1191.74		
Lack of Fit	26879.93	20	1344.00	3.12	0.1390
Saf Hata	1721.73	4	430.43		
Uygunluk Değerleri					
Standart Sapma	Ortalama	R ²	Adj-R ²	Pre- R ²	Adeq Pre.
34.52	-295.21	0.8993	0.8825	0.8456	24.5376

Ek 9. Zenginleştirilmiş lor bazlı formülasyonun tekstür analizinde viskozite yanıtı için modellerin uygunsuzluk ve uygunluk değerleri

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p Değeri
Ortalama vs Toplam	1501.34	1	1501.34		
Lineer vs Ortalama	164.33	4	41.08	65.26	< 0.0001
2FI vs Lineer	2.07	6	0.3448	0.4759	0.8174
Kuadratik vs 2FI	4.84	4	1.21	2.06	0.1402
Kübik vs Kuadratik	5.25	8	0.6567	1.34	0.3723
Kalıntı	2.95	6	0.4916		
Toplam	1680.78	29	57.96		
A-Stabilizatör	110.85	1	110.85	176.09	< 0.0001
B-Nişasta	32.57	1	32.57	51.74	< 0.0001
C-Krema	2.10	1	2.10	3.34	0.0802
D-Bal	18.80	1	18.80	29.86	< 0.0001
Kalıntı	15.11	24	0.6295		
Lack of Fit	13.63	20	0.6814	1.84	0.2939
Saf Hata	1.48	4	0.3700		
Uygunluk Değerleri					
Standart Sapma	Ortalama	R ²	Adj-R ²	Pre- R ²	Adeq Pre.
0.7934	7.20	0.9158	0.9018	0.8723	27.2878

Ek 10. Izgara baskı modelinin G-Kodu

```
;TIME:1079
;Layer height: 1
;MINX:77.25
;MINY:77.25
;MINZ:1.5
;MAXX:142.75
;MAXY:142.75
;MAXZ:19.5
;Generated with Cura_SteamEngine 5.1
M105
M109 S28
M82 ;absolute extrusion mode
; Ender 3 Custom Start G-code
M92 E100
G92 E0 ; Reset Extruder
G28 ; Home all axes
G92 E0 ; Reset Extruder
;LAYER_COUNT:13
;LAYER:0
M107
G0 F600 X81.167 Y80.538 Z1.2
;TYPE:SKIRT
G1 X81.919 Y79.894 E0.23154
G1 X82.72 Y79.313 E0.46295
G1 X83.565 Y78.798 E0.69437
G1 X84.449 Y78.353 E0.92582
G1 X85.366 Y77.981 E1.15724
G1 X86.31 Y77.684 E1.38868
G1 X87.275 Y77.464 E1.62014
G1 X88.255 Y77.323 E1.85168
G1 X89.166 Y77.264 E2.06518
G1 X89.487 Y77.255 E2.14028
G1 X89.83 Y77.25 E2.2205
G1 X129.793 Y77.25 E11.56626
G1 X130.666 Y77.261 E11.77044
G1 X131.655 Y77.315 E12.00207
G1 X132.635 Y77.449 E12.23338
G1 X133.602 Y77.662 E12.46495
G1 X134.548 Y77.951 E12.69627
G1 X135.468 Y78.317 E12.92782
G1 X136.356 Y78.755 E13.15938
G1 X137.205 Y79.264 E13.39088
G1 X138.01 Y79.839 E13.62223
G1 X138.766 Y80.478 E13.85372
G1 X139.468 Y81.175 E14.08507
G1 X140.112 Y81.927 E14.3166
G1 X140.693 Y82.729 E14.5482
G1 X141.207 Y83.574 E14.7795
G1 X141.651 Y84.459 E15.01106
G1 X142.022 Y85.376 E15.24239
G1 X142.319 Y86.321 E15.47405
G1 X142.537 Y87.286 E15.70541
```

```
G1 X142.678 Y88.266 E15.93695
G1 X142.736 Y89.166 E16.14786
G1 X142.745 Y89.486 E16.22273
G1 X142.75 Y89.83 E16.30319
G1 X142.749 Y129.916 E25.67771
G1 X142.74 Y130.643 E25.84774
G1 X142.688 Y131.631 E26.07911
G1 X142.556 Y132.612 E26.3106
G1 X142.345 Y133.579 E26.54206
G1 X142.057 Y134.526 E26.77354
G1 X141.694 Y135.447 E27.00505
G1 X141.257 Y136.335 E27.23651
G1 X140.75 Y137.185 E27.46796
G1 X140.177 Y137.991 E27.69923
G1 X139.539 Y138.749 E27.93093
G1 X138.843 Y139.452 E28.16228
G1 X138.093 Y140.097 E28.39362
G1 X137.292 Y140.68 E28.6253
G1 X136.447 Y141.195 E28.85672
G1 X135.564 Y141.641 E29.08807
G1 X134.647 Y142.014 E29.31958
G1 X133.703 Y142.312 E29.55108
G1 X132.739 Y142.533 E29.78237
G1 X131.759 Y142.675 E30.01395
G1 X130.834 Y142.736 E30.23074
G1 X130.513 Y142.745 E30.30584
G1 X130.17 Y142.75 E30.38606
G1 X90.049 Y142.749 E39.76877
G1 X89.351 Y142.74 E39.93202
G1 X88.363 Y142.687 E40.1634
G1 X87.382 Y142.555 E40.39489
G1 X86.415 Y142.344 E40.62635
G1 X85.468 Y142.055 E40.8579
G1 X84.548 Y141.691 E41.08928
G1 X83.66 Y141.254 E41.32073
G1 X82.81 Y140.747 E41.55219
G1 X82.004 Y140.173 E41.7836
G1 X81.247 Y139.535 E42.01512
G1 X80.544 Y138.839 E42.24646
G1 X79.899 Y138.088 E42.47798
G1 X79.317 Y137.287 E42.70953
G1 X78.802 Y136.442 E42.94095
G1 X78.356 Y135.558 E43.1725
G1 X77.983 Y134.641 E43.40401
G1 X77.686 Y133.697 E43.63544
G1 X77.466 Y132.732 E43.86691
G1 X77.324 Y131.753 E44.09826
G1 X77.263 Y130.822 E44.31645
G1 X77.254 Y130.489 E44.39435
G1 X77.25 Y130.158 E44.47176
G1 X77.251 Y90.008 E53.86126
G1 X77.26 Y89.343 E54.01679
G1 X77.313 Y88.355 E54.24817
G1 X77.446 Y87.374 E54.47969
G1 X77.658 Y86.407 E54.7112
```

G1 X77.947 Y85.461 E54.94253
 G1 X78.312 Y84.541 E55.17399
 G1 X78.749 Y83.653 E55.40545
 G1 X79.257 Y82.803 E55.63702
 G1 X79.832 Y81.998 E55.86837
 G1 X80.47 Y81.241 E56.09989
 G1 X81.167 Y80.538 E56.33141
 G0 X81.943 Y81.873
 G1 X82.629 Y81.249 E56.54828
 G1 X83.366 Y80.687 E56.76502
 G1 X84.149 Y80.191 E56.98178
 G1 X84.972 Y79.763 E57.19872
 G1 X85.828 Y79.409 E57.41535
 G1 X86.712 Y79.129 E57.6322
 G1 X87.617 Y78.927 E57.84906
 G1 X88.536 Y78.803 E58.06592
 G1 X89.208 Y78.763 E58.22335
 G1 X89.529 Y78.754 E58.29845
 G1 X89.83 Y78.75 E58.36885
 G1 X129.793 Y78.75 E67.71461
 G1 X130.645 Y78.761 E67.91388
 G1 X131.571 Y78.814 E68.13079
 G1 X132.488 Y78.947 E68.34748
 G1 X133.391 Y79.159 E68.5644
 G1 X134.272 Y79.447 E68.78116
 G1 X135.125 Y79.81 E68.99795
 G1 X135.944 Y80.246 E69.21493
 G1 X136.722 Y80.75 E69.43172
 G1 X137.453 Y81.319 E69.64835
 G1 X138.133 Y81.95 E69.8653
 G1 X138.756 Y82.636 E70.08201
 G1 X139.318 Y83.374 E70.29894
 G1 X139.814 Y84.157 E70.51571
 G1 X140.24 Y84.981 E70.73264
 G1 X140.594 Y85.837 E70.94926
 G1 X140.873 Y86.722 E71.16627
 G1 X141.075 Y87.627 E71.38312
 G1 X141.198 Y88.546 E71.59996
 G1 X141.237 Y89.208 E71.75504
 G1 X141.246 Y89.528 E71.8299
 G1 X141.25 Y89.83 E71.90054
 G1 X141.249 Y129.897 E81.27062
 G1 X141.24 Y130.624 E81.44065
 G1 X141.189 Y131.55 E81.65753
 G1 X141.058 Y132.468 E81.87439
 G1 X140.848 Y133.371 E82.0912
 G1 X140.561 Y134.252 E82.30789
 G1 X140.2 Y135.106 E82.52472
 G1 X139.766 Y135.926 E82.74168
 G1 X139.263 Y136.705 E82.95854
 G1 X138.695 Y137.437 E83.17522
 G1 X138.066 Y138.118 E83.39201
 G1 X137.381 Y138.743 E83.60887
 G1 X136.644 Y139.306 E83.82576
 G1 X135.862 Y139.803 E84.04245

G1 X135.039 Y140.231 E84.25938
 G1 X134.183 Y140.587 E84.47619
 G1 X133.3 Y140.868 E84.69289
 G1 X132.395 Y141.071 E84.9098
 G1 X131.476 Y141.196 E85.12669
 G1 X130.792 Y141.237 E85.28694
 G1 X130.471 Y141.246 E85.36204
 G1 X130.17 Y141.25 E85.43244
 G1 X90.068 Y141.249 E94.8107
 G1 X89.37 Y141.24 E94.97395
 G1 X88.445 Y141.188 E95.19061
 G1 X87.527 Y141.057 E95.40747
 G1 X86.624 Y140.847 E95.62428
 G1 X85.742 Y140.56 E95.84119
 G1 X84.889 Y140.197 E96.05799
 G1 X84.07 Y139.763 E96.27475
 G1 X83.291 Y139.26 E96.4916
 G1 X82.558 Y138.692 E96.70847
 G1 X81.878 Y138.062 E96.92525
 G1 X81.254 Y137.377 E97.14195
 G1 X80.691 Y136.64 E97.35884
 G1 X80.194 Y135.857 E97.57572
 G1 X79.766 Y135.034 E97.79266
 G1 X79.411 Y134.178 E98.00938
 G1 X79.131 Y133.294 E98.22623
 G1 X78.928 Y132.39 E98.44291
 G1 X78.804 Y131.471 E98.65977
 G1 X78.763 Y130.781 E98.82142
 G1 X78.754 Y130.448 E98.89933
 G1 X78.75 Y130.158 E98.96715
 G1 X78.751 Y90.029 E108.35173
 G1 X78.76 Y89.364 E108.50726
 G1 X78.812 Y88.438 E108.72416
 G1 X78.945 Y87.52 E108.94109
 G1 X79.155 Y86.617 E109.1579
 G1 X79.443 Y85.736 E109.37466
 G1 X79.805 Y84.883 E109.59136
 G1 X80.24 Y84.064 E109.80823
 G1 X80.744 Y83.285 E110.02521
 G1 X81.313 Y82.553 E110.24203
 G1 X81.943 Y81.873 E110.45882
 ;MESH:grid.3mf
 G0 X89.514 Y88.522
 G0 X89.514 Y89.514
 G0 X102.528 Y91.472
 G0 X103.25 Y103.25
 ;TYPE:WALL-OUTER
 G1 X103.25 Y90.75 E113.38207
 G1 X90.75 Y90.75 E116.30533
 G1 X90.75 Y103.25 E119.22858
 G1 X103.25 Y103.25 E122.15183
 G0 X103.75 Y103.25
 G1 X116.25 Y103.25 E125.07509
 G1 X116.25 Y90.75 E127.99834
 G1 X103.75 Y90.75 E130.9216

```

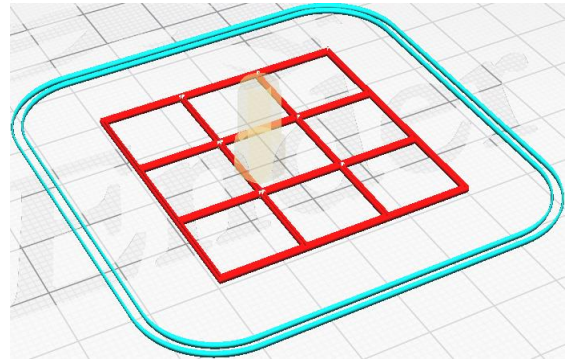
G1 X103.75 Y103.25 E133.84485
G0 X116.75 Y103.25
G1 X129.25 Y103.25 E136.7681
G1 X129.25 Y90.75 E139.69136
G1 X116.75 Y90.75 E142.61461
G1 X116.75 Y103.25 E145.53787
G0 X116.75 Y129.25
G1 X129.25 Y129.25 E148.46112
G1 X129.25 Y116.75 E151.38438
G1 X116.75 Y116.75 E154.30763
G1 X116.75 Y129.25 E157.23088
G0 X116.75 Y116.25
G1 X129.25 Y116.25 E160.15414
G1 X129.25 Y103.75 E163.07739
G1 X116.75 Y103.75 E166.00065
G1 X116.75 Y116.25 E168.9239
G0 X103.75 Y116.25
G1 X116.25 Y116.25 E171.84715
G1 X116.25 Y103.75 E174.77041
G1 X103.75 Y103.75 E177.69366
G1 X103.75 Y116.25 E180.61692
G0 X103.25 Y116.25
G1 X103.25 Y103.75 E183.54017
G1 X90.75 Y103.75 E186.46342
G1 X90.75 Y116.25 E189.38668
G1 X103.25 Y116.25 E192.30993
G0 X103.25 Y129.25
G1 X103.25 Y116.75 E195.23319
G1 X90.75 Y116.75 E198.15644
G1 X90.75 Y129.25 E201.07969
G1 X103.25 Y129.25 E204.00295
G0 X103.75 Y129.25
G1 X116.25 Y129.25 E206.9262
G1 X116.25 Y116.75 E209.84946
G1 X103.75 Y116.75 E212.77271
G1 X103.75 Y129.25 E215.69596
G0 X129.75 Y129.75
G1 X90.25 Y129.75 E224.93345
G1 X90.25 Y90.25 E234.17093
G1 X129.75 Y90.25 E243.40841
G1 X129.75 Y129.75 E252.6459
G0 X129 Y129
;MESH:NONMESH
G0 F120 X129 Y129 Z3
G0 F600 X117.472 Y128.528
G0 X115.527 Y115.527
G0 X104.472 Y115.528
G0 X103.25 Y103.25
;TIME_ELAPSED:139.581960

```

```

;LAYER:1

```



```

;TYPE:WALL-OUTER

```

```

;MESH:grid.3mf

```

```

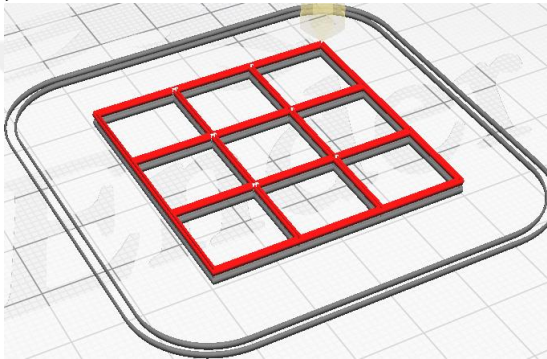
G1 X103.25 Y90.75 E255.56915
G1 X90.75 Y90.75 E258.4924
G1 X90.75 Y103.25 E261.41566
G1 X103.25 Y103.25 E264.33891
G0 X103.75 Y103.25
G1 X116.25 Y103.25 E267.26217
G1 X116.25 Y90.75 E270.18542
G1 X103.75 Y90.75 E273.10867
G1 X103.75 Y103.25 E276.03193
G0 X116.75 Y103.25
G1 X129.25 Y103.25 E278.95518
G1 X129.25 Y90.75 E281.87844
G1 X116.75 Y90.75 E284.80169
G1 X116.75 Y103.25 E287.72494
G0 X116.75 Y129.25
G1 X129.25 Y129.25 E290.6482
G1 X129.25 Y116.75 E293.57145
G1 X116.75 Y116.75 E296.49471
G1 X116.75 Y129.25 E299.41796
G0 X116.75 Y116.25
G1 X129.25 Y116.25 E302.34121
G1 X129.25 Y103.75 E305.26447
G1 X116.75 Y103.75 E308.18772
G1 X116.75 Y116.25 E311.11098
G0 X103.75 Y116.25
G1 X116.25 Y116.25 E314.03423
G1 X116.25 Y103.75 E316.95749
G1 X103.75 Y103.75 E319.88074
G1 X103.75 Y116.25 E322.80399
G0 X103.25 Y116.25
G1 X103.25 Y103.75 E325.72725
G1 X90.75 Y103.75 E328.6505
G1 X90.75 Y116.25 E331.57376
G1 X103.25 Y116.25 E334.49701
G0 X103.25 Y129.25
G1 X103.25 Y116.75 E337.42026
G1 X90.75 Y116.75 E340.34352
G1 X90.75 Y129.25 E343.26677
G1 X103.25 Y129.25 E346.19003
G0 X103.75 Y129.25
G1 X116.25 Y129.25 E349.11328

```

```

G1 X116.25 Y116.75 E352.03653
G1 X103.75 Y116.75 E354.95979
G1 X103.75 Y129.25 E357.88304
G0 X129.75 Y129.75
G1 X90.25 Y129.75 E367.12052
G1 X90.25 Y90.25 E376.35801
G1 X129.75 Y90.25 E385.59549
G1 X129.75 Y129.75 E394.83297
G0 X129 Y129
;MESH:NONMESH
G0 F120 X129 Y129 Z4.5
G0 F600 X117.472 Y128.528
G0 X115.527 Y115.527
G0 X104.472 Y115.528
G0 X103.25 Y103.25
;TIME_ELAPSED:216.723273
;LAYER:2

```



```

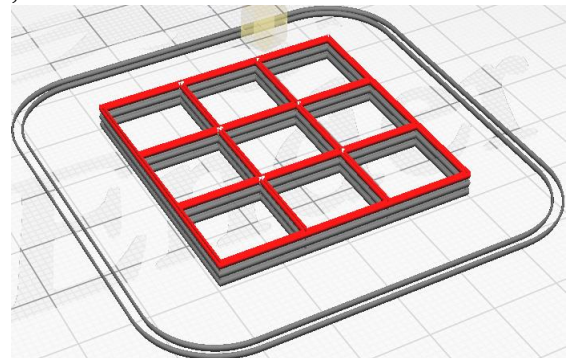
;TYPE:WALL-OUTER
;MESH:grid.3mf
G1 X103.25 Y90.75 E397.75623
G1 X90.75 Y90.75 E400.67948
G1 X90.75 Y103.25 E403.60274
G1 X103.25 Y103.25 E406.52599
G0 X103.75 Y103.25
G1 X116.25 Y103.25 E409.44924
G1 X116.25 Y90.75 E412.3725
G1 X103.75 Y90.75 E415.29575
G1 X103.75 Y103.25 E418.21901
G0 X116.75 Y103.25
G1 X129.25 Y103.25 E421.14226
G1 X129.25 Y90.75 E424.06551
G1 X116.75 Y90.75 E426.98877
G1 X116.75 Y103.25 E429.91202
G0 X116.75 Y129.25
G1 X129.25 Y129.25 E432.83528
G1 X129.25 Y116.75 E435.75853
G1 X116.75 Y116.75 E438.68178
G1 X116.75 Y129.25 E441.60504
G0 X116.75 Y116.25
G1 X129.25 Y116.25 E444.52829
G1 X129.25 Y103.75 E447.45155
G1 X116.75 Y103.75 E450.3748
G1 X116.75 Y116.25 E453.29805
G0 X103.75 Y116.25

```

```

G1 X116.25 Y116.25 E456.22131
G1 X116.25 Y103.75 E459.14456
G1 X103.75 Y103.75 E462.06782
G1 X103.75 Y116.25 E464.99107
G0 X103.25 Y116.25
G1 X103.25 Y103.75 E467.91432
G1 X90.75 Y103.75 E470.83758
G1 X90.75 Y116.25 E473.76083
G1 X103.25 Y116.25 E476.68409
G0 X103.25 Y129.25
G1 X103.25 Y116.75 E479.60734
G1 X90.75 Y116.75 E482.53059
G1 X90.75 Y129.25 E485.45385
G1 X103.25 Y129.25 E488.3771
G0 X103.75 Y129.25
G1 X116.25 Y129.25 E491.30036
G1 X116.25 Y116.75 E494.22361
G1 X103.75 Y116.75 E497.14687
G1 X103.75 Y129.25 E500.07012
G0 X129.75 Y129.75
G1 X90.25 Y129.75 E509.3076
G1 X90.25 Y90.25 E518.54508
G1 X129.75 Y90.25 E527.78257
G1 X129.75 Y129.75 E537.02005
G0 X129 Y129
;MESH:NONMESH
G0 F120 X129 Y129 Z6
G0 F600 X117.472 Y128.528
G0 X115.527 Y115.527
G0 X104.472 Y115.528
G0 X103.25 Y103.25
;TIME_ELAPSED:293.864586
;LAYER:3

```



```

;TYPE:WALL-OUTER
;MESH:grid.3mf
G1 X103.25 Y90.75 E539.9433
G1 X90.75 Y90.75 E542.86656
G1 X90.75 Y103.25 E545.78981
G1 X103.25 Y103.25 E548.71307
G0 X103.75 Y103.25
G1 X116.25 Y103.25 E551.63632
G1 X116.25 Y90.75 E554.55957
G1 X103.75 Y90.75 E557.48283
G1 X103.75 Y103.25 E560.40608

```

```

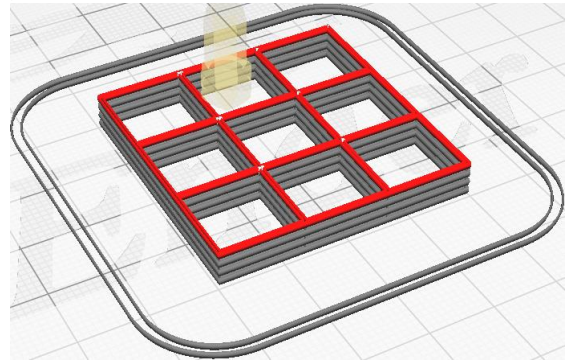
G0 X116.75 Y103.25
G1 X129.25 Y103.25 E563.32934
G1 X129.25 Y90.75 E566.25259
G1 X116.75 Y90.75 E569.17585
G1 X116.75 Y103.25 E572.0991
G0 X116.75 Y129.25
G1 X129.25 Y129.25 E575.02235
G1 X129.25 Y116.75 E577.94561
G1 X116.75 Y116.75 E580.86886
G1 X116.75 Y129.25 E583.79212
G0 X116.75 Y116.25
G1 X129.25 Y116.25 E586.71537
G1 X129.25 Y103.75 E589.63862
G1 X116.75 Y103.75 E592.56188
G1 X116.75 Y116.25 E595.48513
G0 X103.75 Y116.25
G1 X116.25 Y116.25 E598.40839
G1 X116.25 Y103.75 E601.33164
G1 X103.75 Y103.75 E604.25489
G1 X103.75 Y116.25 E607.17815
G0 X103.25 Y116.25
G1 X103.25 Y103.75 E610.1014
G1 X90.75 Y103.75 E613.02466
G1 X90.75 Y116.25 E615.94791
G1 X103.25 Y116.25 E618.87116
G0 X103.25 Y129.25
G1 X103.25 Y116.75 E621.79442
G1 X90.75 Y116.75 E624.71767
G1 X90.75 Y129.25 E627.64093
G1 X103.25 Y129.25 E630.56418
G0 X103.75 Y129.25
G1 X116.25 Y129.25 E633.48743
G1 X116.25 Y116.75 E636.41069
G1 X103.75 Y116.75 E639.33394
G1 X103.75 Y129.25 E642.2572
G0 X129.75 Y129.75
G1 X90.25 Y129.75 E651.49468
G1 X90.25 Y90.25 E660.73216
G1 X129.75 Y90.25 E669.96964
G1 X129.75 Y129.75 E679.20713
G0 X129 Y129
;MESH:NONMESH
G0 F120 X129 Y129 Z7.5
G0 F600 X117.472 Y128.528
G0 X115.527 Y115.527
G0 X104.472 Y115.528
G0 X103.25 Y103.25
;TIME_ELAPSED:371.005899

```

```

;LAYER:4

```



```

;TYPE:WALL-OUTER

```

```

;MESH:grid.3mf

```

```

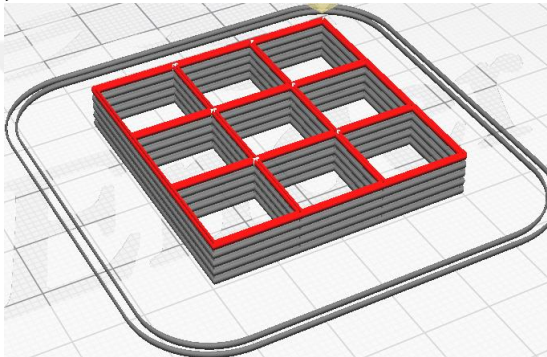
G1 X103.25 Y90.75 E682.13038
G1 X90.75 Y90.75 E685.05364
G1 X90.75 Y103.25 E687.97689
G1 X103.25 Y103.25 E690.90014
G0 X103.75 Y103.25
G1 X116.25 Y103.25 E693.8234
G1 X116.25 Y90.75 E696.74665
G1 X103.75 Y90.75 E699.66991
G1 X103.75 Y103.25 E702.59316
G0 X116.75 Y103.25
G1 X129.25 Y103.25 E705.51641
G1 X129.25 Y90.75 E708.43967
G1 X116.75 Y90.75 E711.36292
G1 X116.75 Y103.25 E714.28618
G0 X116.75 Y129.25
G1 X129.25 Y129.25 E717.20943
G1 X129.25 Y116.75 E720.13268
G1 X116.75 Y116.75 E723.05594
G1 X116.75 Y129.25 E725.97919
G0 X116.75 Y116.25
G1 X129.25 Y116.25 E728.90245
G1 X129.25 Y103.75 E731.8257
G1 X116.75 Y103.75 E734.74895
G1 X116.75 Y116.25 E737.67221
G0 X103.75 Y116.25
G1 X116.25 Y116.25 E740.59546
G1 X116.25 Y103.75 E743.51872
G1 X103.75 Y103.75 E746.44197
G1 X103.75 Y116.25 E749.36523
G0 X103.25 Y116.25
G1 X103.25 Y103.75 E752.28848
G1 X90.75 Y103.75 E755.21173
G1 X90.75 Y116.25 E758.13499
G1 X103.25 Y116.25 E761.05824
G0 X103.25 Y129.25
G1 X103.25 Y116.75 E763.9815
G1 X90.75 Y116.75 E766.90475
G1 X90.75 Y129.25 E769.828
G1 X103.25 Y129.25 E772.75126
G0 X103.75 Y129.25
G1 X116.25 Y129.25 E775.67451

```

```

G1 X116.25 Y116.75 E778.59777
G1 X103.75 Y116.75 E781.52102
G1 X103.75 Y129.25 E784.44427
G0 X129.75 Y129.75
G1 X90.25 Y129.75 E793.68176
G1 X90.25 Y90.25 E802.91924
G1 X129.75 Y90.25 E812.15672
G1 X129.75 Y129.75 E821.39421
G0 X129 Y129
;MESH:NONMESH
G0 F120 X129 Y129 Z9
G0 F600 X117.472 Y128.528
G0 X115.527 Y115.527
G0 X104.472 Y115.528
G0 X103.25 Y103.25
;TIME_ELAPSED:448.147212
;LAYER:5

```



```

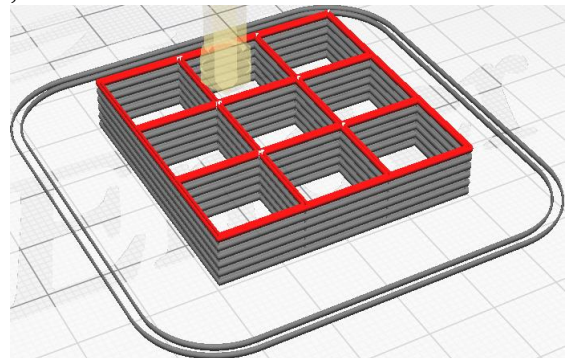
;TYPE:WALL-OUTER
;MESH:grid.3mf
G1 X103.25 Y90.75 E824.31746
G1 X90.75 Y90.75 E827.24071
G1 X90.75 Y103.25 E830.16397
G1 X103.25 Y103.25 E833.08722
G0 X103.75 Y103.25
G1 X116.25 Y103.25 E836.01048
G1 X116.25 Y90.75 E838.93373
G1 X103.75 Y90.75 E841.85698
G1 X103.75 Y103.25 E844.78024
G0 X116.75 Y103.25
G1 X129.25 Y103.25 E847.70349
G1 X129.25 Y90.75 E850.62675
G1 X116.75 Y90.75 E853.55
G1 X116.75 Y103.25 E856.47325
G0 X116.75 Y129.25
G1 X129.25 Y129.25 E859.39651
G1 X129.25 Y116.75 E862.31976
G1 X116.75 Y116.75 E865.24302
G1 X116.75 Y129.25 E868.16627
G0 X116.75 Y116.25
G1 X129.25 Y116.25 E871.08952
G1 X129.25 Y103.75 E874.01278
G1 X116.75 Y103.75 E876.93603
G1 X116.75 Y116.25 E879.85929
G0 X103.75 Y116.25

```

```

G1 X116.25 Y116.25 E882.78254
G1 X116.25 Y103.75 E885.70579
G1 X103.75 Y103.75 E888.62905
G1 X103.75 Y116.25 E891.5523
G0 X103.25 Y116.25
G1 X103.25 Y103.75 E894.47556
G1 X90.75 Y103.75 E897.39881
G1 X90.75 Y116.25 E900.32206
G1 X103.25 Y116.25 E903.24532
G0 X103.25 Y129.25
G1 X103.25 Y116.75 E906.16857
G1 X90.75 Y116.75 E909.09183
G1 X90.75 Y129.25 E912.01508
G1 X103.25 Y129.25 E914.93833
G0 X103.75 Y129.25
G1 X116.25 Y129.25 E917.86159
G1 X116.25 Y116.75 E920.78484
G1 X103.75 Y116.75 E923.7081
G1 X103.75 Y129.25 E926.63135
G0 X129.75 Y129.75
G1 X90.25 Y129.75 E935.86883
G1 X90.25 Y90.25 E945.10632
G1 X129.75 Y90.25 E954.3438
G1 X129.75 Y129.75 E963.58128
G0 X129 Y129
;MESH:NONMESH
G0 F120 X129 Y129 Z10.5
G0 F600 X117.472 Y128.528
G0 X115.527 Y115.527
G0 X104.472 Y115.528
G0 X103.25 Y103.25
;TIME_ELAPSED:525.288525
;LAYER:6

```



```

;TYPE:WALL-OUTER
;MESH:grid.3mf
G1 X103.25 Y90.75 E966.50454
G1 X90.75 Y90.75 E969.42779
G1 X90.75 Y103.25 E972.35104
G1 X103.25 Y103.25 E975.2743
G0 X103.75 Y103.25
G1 X116.25 Y103.25 E978.19755
G1 X116.25 Y90.75 E981.12081
G1 X103.75 Y90.75 E984.04406
G1 X103.75 Y103.25 E986.96731

```

```

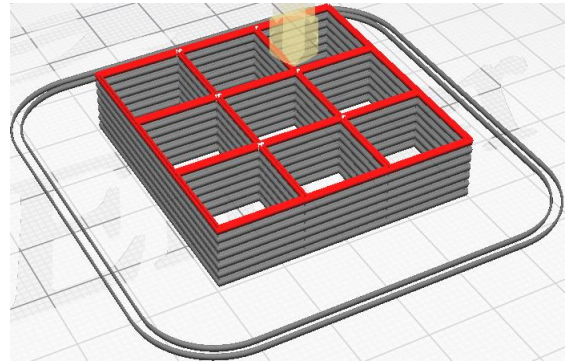
G0 X116.75 Y103.25
G1 X129.25 Y103.25 E989.89057
G1 X129.25 Y90.75 E992.81382
G1 X116.75 Y90.75 E995.73708
G1 X116.75 Y103.25 E998.66033
G0 X116.75 Y129.25
G1 X129.25 Y129.25 E1001.58359
G1 X129.25 Y116.75 E1004.50684
G1 X116.75 Y116.75 E1007.43009
G1 X116.75 Y129.25 E1010.35335
G0 X116.75 Y116.25
G1 X129.25 Y116.25 E1013.2766
G1 X129.25 Y103.75 E1016.19986
G1 X116.75 Y103.75 E1019.12311
G1 X116.75 Y116.25 E1022.04636
G0 X103.75 Y116.25
G1 X116.25 Y116.25 E1024.96962
G1 X116.25 Y103.75 E1027.89287
G1 X103.75 Y103.75 E1030.81613
G1 X103.75 Y116.25 E1033.73938
G0 X103.25 Y116.25
G1 X103.25 Y103.75 E1036.66263
G1 X90.75 Y103.75 E1039.58589
G92 E0
G1 X90.75 Y116.25 E2.92325
G1 X103.25 Y116.25 E5.84651
G0 X103.25 Y129.25
G1 X103.25 Y116.75 E8.76976
G1 X90.75 Y116.75 E11.69302
G1 X90.75 Y129.25 E14.61627
G1 X103.25 Y129.25 E17.53952
G0 X103.75 Y129.25
G1 X116.25 Y129.25 E20.46278
G1 X116.25 Y116.75 E23.38603
G1 X103.75 Y116.75 E26.30929
G1 X103.75 Y129.25 E29.23254
G0 X129.75 Y129.75
G1 X90.25 Y129.75 E38.47002
G1 X90.25 Y90.25 E47.70751
G1 X129.75 Y90.25 E56.94499
G1 X129.75 Y129.75 E66.18247
G0 X129 Y129
;MESH:NONMESH
G0 F120 X129 Y129 Z12
G0 F600 X117.472 Y128.528
G0 X115.527 Y115.527
G0 X104.472 Y115.528
G0 X103.25 Y103.25
;TIME_ELAPSED:621.928424

```

```

;LAYER:7

```



```

;TYPE:WALL-OUTER

```

```

;MESH:grid.3mf

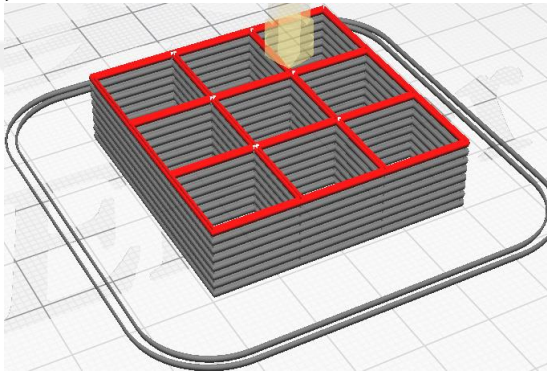
```

```

G1 X103.25 Y90.75 E69.10573
G1 X90.75 Y90.75 E72.02898
G1 X90.75 Y103.25 E74.95223
G1 X103.25 Y103.25 E77.87549
G0 X103.75 Y103.25
G1 X116.25 Y103.25 E80.79874
G1 X116.25 Y90.75 E83.722
G1 X103.75 Y90.75 E86.64525
G1 X103.75 Y103.25 E89.5685
G0 X116.75 Y103.25
G1 X129.25 Y103.25 E92.49176
G1 X129.25 Y90.75 E95.41501
G1 X116.75 Y90.75 E98.33827
G1 X116.75 Y103.25 E101.26152
G0 X116.75 Y129.25
G1 X129.25 Y129.25 E104.18477
G1 X129.25 Y116.75 E107.10803
G1 X116.75 Y116.75 E110.03128
G1 X116.75 Y129.25 E112.95454
G0 X116.75 Y116.25
G1 X129.25 Y116.25 E115.87779
G1 X129.25 Y103.75 E118.80104
G1 X116.75 Y103.75 E121.7243
G1 X116.75 Y116.25 E124.64755
G0 X103.75 Y116.25
G1 X116.25 Y116.25 E127.57081
G1 X116.25 Y103.75 E130.49406
G1 X103.75 Y103.75 E133.41732
G1 X103.75 Y116.25 E136.34057
G0 X103.25 Y116.25
G1 X103.25 Y103.75 E139.26382
G1 X90.75 Y103.75 E142.18708
G1 X90.75 Y116.25 E145.11033
G1 X103.25 Y116.25 E148.03359
G0 X103.25 Y129.25
G1 X103.25 Y116.75 E150.95684
G1 X90.75 Y116.75 E153.88009
G1 X90.75 Y129.25 E156.80335
G1 X103.25 Y129.25 E159.7266
G0 X103.75 Y129.25
G1 X116.25 Y129.25 E162.64986

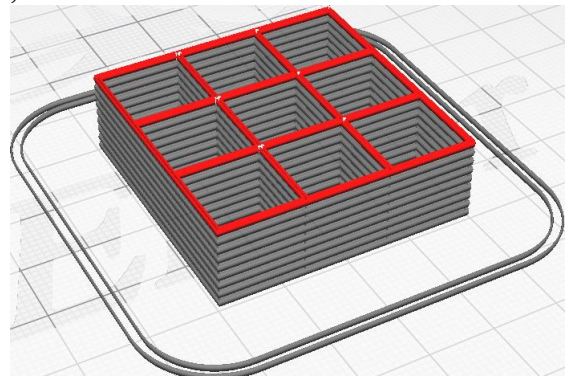
```

G1 X116.25 Y116.75 E165.57311
 G1 X103.75 Y116.75 E168.49636
 G1 X103.75 Y129.25 E171.41962
 G0 X129.75 Y129.75
 G1 X90.25 Y129.75 E180.6571
 G1 X90.25 Y90.25 E189.89458
 G1 X129.75 Y90.25 E199.13207
 G1 X129.75 Y129.75 E208.36955
 G0 X129 Y129
 ;MESH:NONMESH
 G0 F120 X129 Y129 Z13.5
 G0 F600 X117.472 Y128.528
 G0 X115.527 Y115.527
 G0 X104.472 Y115.528
 G0 X103.25 Y103.25
 ;TIME_ELAPSED:699.069737
 ;LAYER:8



;TYPE:WALL-OUTER
 ;MESH:grid.3mf
 G1 X103.25 Y90.75 E211.2928
 G1 X90.75 Y90.75 E214.21606
 G1 X90.75 Y103.25 E217.13931
 G1 X103.25 Y103.25 E220.06257
 G0 X103.75 Y103.25
 G1 X116.25 Y103.25 E222.98582
 G1 X116.25 Y90.75 E225.90907
 G1 X103.75 Y90.75 E228.83233
 G1 X103.75 Y103.25 E231.75558
 G0 X116.75 Y103.25
 G1 X129.25 Y103.25 E234.67884
 G1 X129.25 Y90.75 E237.60209
 G1 X116.75 Y90.75 E240.52534
 G1 X116.75 Y103.25 E243.4486
 G0 X116.75 Y129.25
 G1 X129.25 Y129.25 E246.37185
 G1 X129.25 Y116.75 E249.29511
 G1 X116.75 Y116.75 E252.21836
 G1 X116.75 Y129.25 E255.14161
 G0 X116.75 Y116.25
 G1 X129.25 Y116.25 E258.06487
 G1 X129.25 Y103.75 E260.98812
 G1 X116.75 Y103.75 E263.91138
 G1 X116.75 Y116.25 E266.83463
 G0 X103.75 Y116.25

G1 X116.25 Y116.25 E269.75788
 G1 X116.25 Y103.75 E272.68114
 G1 X103.75 Y103.75 E275.60439
 G1 X103.75 Y116.25 E278.52765
 G0 X103.25 Y116.25
 G1 X103.25 Y103.75 E281.4509
 G1 X90.75 Y103.75 E284.37415
 G1 X90.75 Y116.25 E287.29741
 G1 X103.25 Y116.25 E290.22066
 G0 X103.25 Y129.25
 G1 X103.25 Y116.75 E293.14392
 G1 X90.75 Y116.75 E296.06717
 G1 X90.75 Y129.25 E298.99042
 G1 X103.25 Y129.25 E301.91368
 G0 X103.75 Y129.25
 G1 X116.25 Y129.25 E304.83693
 G1 X116.25 Y116.75 E307.76019
 G1 X103.75 Y116.75 E310.68344
 G1 X103.75 Y129.25 E313.6067
 G0 X129.75 Y129.75
 G1 X90.25 Y129.75 E322.84418
 G1 X90.25 Y90.25 E332.08166
 G1 X129.75 Y90.25 E341.31914
 G1 X129.75 Y129.75 E350.55663
 G0 X129 Y129
 ;MESH:NONMESH
 G0 F120 X129 Y129 Z15
 G0 F600 X117.472 Y128.528
 G0 X115.527 Y115.527
 G0 X104.472 Y115.528
 G0 X103.25 Y103.25
 ;TIME_ELAPSED:776.211050
 ;LAYER:9



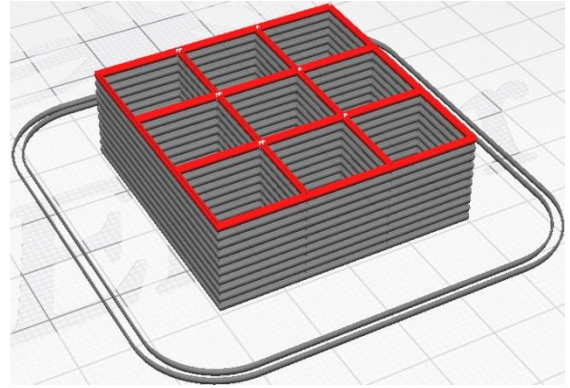
;TYPE:WALL-OUTER
 ;MESH:grid.3mf
 G1 X103.25 Y90.75 E353.47988
 G1 X90.75 Y90.75 E356.40313
 G1 X90.75 Y103.25 E359.32639
 G1 X103.25 Y103.25 E362.24964
 G0 X103.75 Y103.25
 G1 X116.25 Y103.25 E365.1729
 G1 X116.25 Y90.75 E368.09615
 G1 X103.75 Y90.75 E371.0194
 G1 X103.75 Y103.25 E373.94266

```

G0 X116.75 Y103.25
G1 X129.25 Y103.25 E376.86591
G1 X129.25 Y90.75 E379.78917
G1 X116.75 Y90.75 E382.71242
G1 X116.75 Y103.25 E385.63568
G0 X116.75 Y129.25
G1 X129.25 Y129.25 E388.55893
G1 X129.25 Y116.75 E391.48218
G1 X116.75 Y116.75 E394.40544
G1 X116.75 Y129.25 E397.32869
G0 X116.75 Y116.25
G1 X129.25 Y116.25 E400.25195
G1 X129.25 Y103.75 E403.1752
G1 X116.75 Y103.75 E406.09845
G1 X116.75 Y116.25 E409.02171
G0 X103.75 Y116.25
G1 X116.25 Y116.25 E411.94496
G1 X116.25 Y103.75 E414.86822
G1 X103.75 Y103.75 E417.79147
G1 X103.75 Y116.25 E420.71472
G0 X103.25 Y116.25
G1 X103.25 Y103.75 E423.63798
G1 X90.75 Y103.75 E426.56123
G1 X90.75 Y116.25 E429.48449
G1 X103.25 Y116.25 E432.40774
G0 X103.25 Y129.25
G1 X103.25 Y116.75 E435.33099
G1 X90.75 Y116.75 E438.25425
G1 X90.75 Y129.25 E441.1775
G1 X103.25 Y129.25 E444.10076
G0 X103.75 Y129.25
G1 X116.25 Y129.25 E447.02401
G1 X116.25 Y116.75 E449.94726
G1 X103.75 Y116.75 E452.87052
G1 X103.75 Y129.25 E455.79377
G0 X129.75 Y129.75
G1 X90.25 Y129.75 E465.03126
G1 X90.25 Y90.25 E474.26874
G1 X129.75 Y90.25 E483.50622
G1 X129.75 Y129.75 E492.7437
G0 X129 Y129
;MESH:NONMESH
G0 F120 X129 Y129 Z16.5
G0 F600 X117.472 Y128.528
G0 X115.527 Y115.527
G0 X104.472 Y115.528
G0 X103.25 Y103.25
;TIME_ELAPSED:853.352363

```

```
;LAYER:10
```



```
;TYPE:WALL-OUTER
```

```
;MESH:grid.3mf
```

```

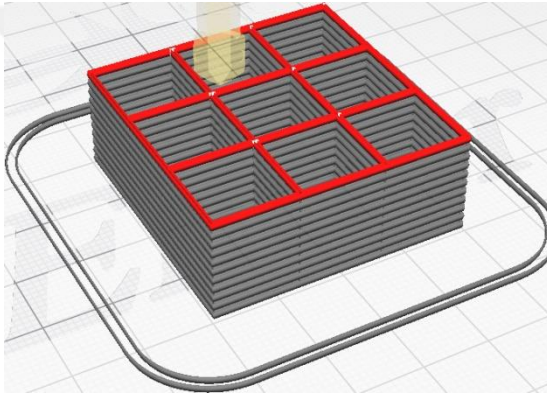
G1 X103.25 Y90.75 E495.66696
G1 X90.75 Y90.75 E498.59021
G1 X90.75 Y103.25 E501.51347
G1 X103.25 Y103.25 E504.43672
G0 X103.75 Y103.25
G1 X116.25 Y103.25 E507.35997
G1 X116.25 Y90.75 E510.28323
G1 X103.75 Y90.75 E513.20648
G1 X103.75 Y103.25 E516.12974
G0 X116.75 Y103.25
G1 X129.25 Y103.25 E519.05299
G1 X129.25 Y90.75 E521.97624
G1 X116.75 Y90.75 E524.8995
G1 X116.75 Y103.25 E527.82275
G0 X116.75 Y129.25
G1 X129.25 Y129.25 E530.74601
G1 X129.25 Y116.75 E533.66926
G1 X116.75 Y116.75 E536.59251
G1 X116.75 Y129.25 E539.51577
G0 X116.75 Y116.25
G1 X129.25 Y116.25 E542.43902
G1 X129.25 Y103.75 E545.36228
G1 X116.75 Y103.75 E548.28553
G1 X116.75 Y116.25 E551.20878
G0 X103.75 Y116.25
G1 X116.25 Y116.25 E554.13204
G1 X116.25 Y103.75 E557.05529
G1 X103.75 Y103.75 E559.97855
G1 X103.75 Y116.25 E562.9018
G0 X103.25 Y116.25
G1 X103.25 Y103.75 E565.82506
G1 X90.75 Y103.75 E568.74831
G1 X90.75 Y116.25 E571.67156
G1 X103.25 Y116.25 E574.59482
G0 X103.25 Y129.25
G1 X103.25 Y116.75 E577.51807
G1 X90.75 Y116.75 E580.44133
G1 X90.75 Y129.25 E583.36458
G1 X103.25 Y129.25 E586.28783
G0 X103.75 Y129.25

```

```

G1 X116.25 Y129.25 E589.21109
G1 X116.25 Y116.75 E592.13434
G1 X103.75 Y116.75 E595.0576
G1 X103.75 Y129.25 E597.98085
G0 X129.75 Y129.75
G1 X90.25 Y129.75 E607.21833
G1 X90.25 Y90.25 E616.45582
G1 X129.75 Y90.25 E625.6933
G1 X129.75 Y129.75 E634.93078
G0 X129 Y129
;MESH:NONMESH
G0 F120 X129 Y129 Z18
G0 F600 X117.472 Y128.528
G0 X115.527 Y115.527
G0 X104.472 Y115.528
G0 X103.25 Y103.25
;TIME_ELAPSED:930.493676
;LAYER:11

```



```

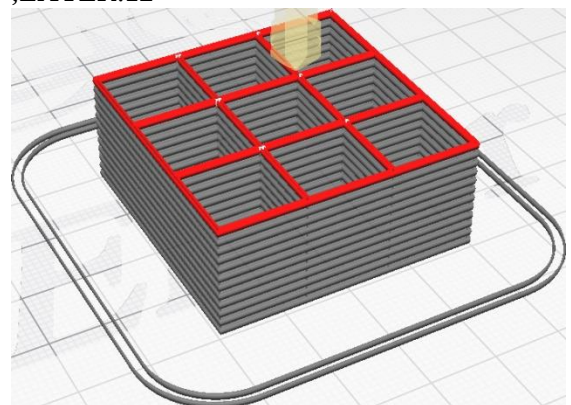
;TYPE:WALL-OUTER
;MESH:grid.3mf
G1 X103.25 Y90.75 E637.85404
G1 X90.75 Y90.75 E640.77729
G1 X90.75 Y103.25 E643.70054
G1 X103.25 Y103.25 E646.6238
G0 X103.75 Y103.25
G1 X116.25 Y103.25 E649.54705
G1 X116.25 Y90.75 E652.47031
G1 X103.75 Y90.75 E655.39356
G1 X103.75 Y103.25 E658.31681
G0 X116.75 Y103.25
G1 X129.25 Y103.25 E661.24007
G1 X129.25 Y90.75 E664.16332
G1 X116.75 Y90.75 E667.08658
G1 X116.75 Y103.25 E670.00983
G0 X116.75 Y129.25
G1 X129.25 Y129.25 E672.93308
G1 X129.25 Y116.75 E675.85634
G1 X116.75 Y116.75 E678.77959
G1 X116.75 Y129.25 E681.70285
G0 X116.75 Y116.25
G1 X129.25 Y116.25 E684.6261
G1 X129.25 Y103.75 E687.54935
G1 X116.75 Y103.75 E690.47261

```

```

G1 X116.75 Y116.25 E693.39586
G0 X103.75 Y116.25
G1 X116.25 Y116.25 E696.31912
G1 X116.25 Y103.75 E699.24237
G1 X103.75 Y103.75 E702.16562
G1 X103.75 Y116.25 E705.08888
G0 X103.25 Y116.25
G1 X103.25 Y103.75 E708.01213
G1 X90.75 Y103.75 E710.93539
G1 X90.75 Y116.25 E713.85864
G1 X103.25 Y116.25 E716.78189
G0 X103.25 Y129.25
G1 X103.25 Y116.75 E719.70515
G1 X90.75 Y116.75 E722.6284
G1 X90.75 Y129.25 E725.55166
G1 X103.25 Y129.25 E728.47491
G0 X103.75 Y129.25
G1 X116.25 Y129.25 E731.39817
G1 X116.25 Y116.75 E734.32142
G1 X103.75 Y116.75 E737.24467
G1 X103.75 Y129.25 E740.16793
G0 X129.75 Y129.75
G1 X90.25 Y129.75 E749.40541
G1 X90.25 Y90.25 E758.64289
G1 X129.75 Y90.25 E767.88038
G1 X129.75 Y129.75 E777.11786
G0 X129 Y129
;MESH:NONMESH
G0 F120 X129 Y129 Z19.5
G0 F600 X117.472 Y128.528
G0 X115.527 Y115.527
G0 X104.472 Y115.528
G0 X103.25 Y103.25
;TIME_ELAPSED:1007.634989
;LAYER:12

```



```

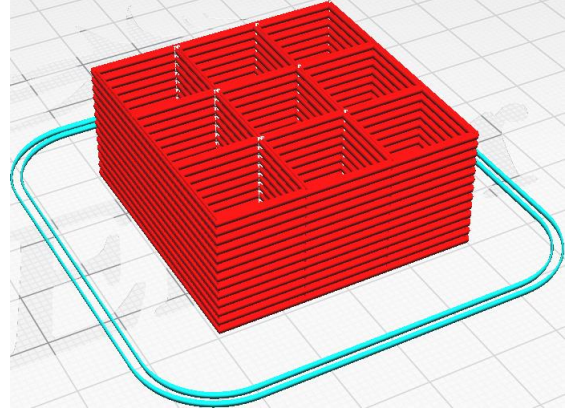
;TYPE:WALL-OUTER
;MESH:grid.3mf
G1 X103.25 Y90.75 E780.04111
G1 X90.75 Y90.75 E782.96437
G1 X90.75 Y103.25 E785.88762
G1 X103.25 Y103.25 E788.81087
G0 X103.75 Y103.25
G1 X116.25 Y103.25 E791.73413

```

```

G1 X116.25 Y90.75 E794.65738
G1 X103.75 Y90.75 E797.58064
G1 X103.75 Y103.25 E800.50389
G0 X116.75 Y103.25
G1 X129.25 Y103.25 E803.42714
G1 X129.25 Y90.75 E806.3504
G1 X116.75 Y90.75 E809.27365
G1 X116.75 Y103.25 E812.19691
G0 X116.75 Y129.25
G1 X129.25 Y129.25 E815.12016
G1 X129.25 Y116.75 E818.04342
G1 X116.75 Y116.75 E820.96667
G1 X116.75 Y129.25 E823.88992
G0 X116.75 Y116.25
G1 X129.25 Y116.25 E826.81318
G1 X129.25 Y103.75 E829.73643
G1 X116.75 Y103.75 E832.65969
G1 X116.75 Y116.25 E835.58294
G0 X103.75 Y116.25
G1 X116.25 Y116.25 E838.50619
G1 X116.25 Y103.75 E841.42945
G1 X103.75 Y103.75 E844.3527
G1 X103.75 Y116.25 E847.27596
G0 X103.25 Y116.25
G1 X103.25 Y103.75 E850.19921
G1 X90.75 Y103.75 E853.12246
G1 X90.75 Y116.25 E856.04572
G1 X103.25 Y116.25 E858.96897
G0 X103.25 Y129.25
G1 X103.25 Y116.75 E861.89223
G1 X90.75 Y116.75 E864.81548
G1 X90.75 Y129.25 E867.73873
G1 X103.25 Y129.25 E870.66199
G0 X103.75 Y129.25
G1 X116.25 Y129.25 E873.58524
G1 X116.25 Y116.75 E876.5085
G1 X103.75 Y116.75 E879.43175
G1 X103.75 Y129.25 E882.355
G0 X129.75 Y129.75
G1 X90.25 Y129.75 E891.59249
G1 X90.25 Y90.25 E900.82997
G1 X129.75 Y90.25 E910.06745
G1 X129.75 Y129.75 E919.30494
G0 X129 Y129
;TIME_ELAPSED:1079.193263
G91 ;Relative positioning
M84 X Y E ;Disable all steppers but Z
M82 ;absolute extrusion mode
M104 S0

```



Ek 11. Uçak baskı modelinin G-Kodu

```

;TIME:656
;Layer height: 1
;MINX:70.852
;MINY:58.424
;MINZ:1.2
;MAXX:145.282
;MAXY:146.666
;MAXZ:21.6
;Generated with Cura_SteamEngine 5.1
M105
M109 S28
M82 ;absolute extrusion mode
; Ender 3 Custom Start G-code
M92 E100
M302 S0
G92 E0 ; Reset Extruder
G28 ; Home all axes
G92 E0 ; Reset Extruder
;LAYER_COUNT:18
;LAYER:0
M107
G0 F600 X98.001 Y63.913 Z1.2
;TYPE:SKIRT
G1 X98.536 Y63.143 E0.2798
G1 X99.134 Y62.421 E0.55956
G1 X100.087 Y61.487 E0.95776
G1 X100.366 Y61.245 E1.06797
G1 X101.1 Y60.662 E1.3477
G1 X101.882 Y60.142 E1.62794
G1 X103.102 Y59.505 E2.03865
G1 X103.293 Y59.42 E2.10103
G1 X104.165 Y59.076 E2.38077
G1 X105.063 Y58.807 E2.66051
G1 X105.911 Y58.627 E2.91921
G1 X106.18 Y58.581 E3.00064
G1 X107.11 Y58.463 E3.2804
G1 X108.047 Y58.424 E3.56025
G1 X108.983 Y58.465 E3.83984
G1 X109.214 Y58.485 E3.90903
G1 X110.144 Y58.606 E4.1889
G1 X111.06 Y58.805 E4.46862

```

G1 X111.712 Y58.998 E4.67153
G1 X111.909 Y59.063 E4.73344
G1 X112.786 Y59.394 E5.01317
G1 X113.632 Y59.8 E5.29319
G1 X114.285 Y60.176 E5.51805
G1 X114.511 Y60.317 E5.59755
G1 X115.385 Y60.924 E5.91509
G1 X115.428 Y60.957 E5.93127
G1 X116.147 Y61.559 E6.2111
G1 X116.812 Y62.22 E6.49091
G1 X117.16 Y62.615 E6.648
G1 X117.295 Y62.776 E6.7107
G1 X117.866 Y63.52 E6.99057
G1 X118.389 Y64.338 E7.28031
G1 X118.537 Y64.594 E7.36855
G1 X118.988 Y65.462 E7.66045
G1 X119.254 Y66.036 E7.84924
G1 X124.492 Y77.699 E11.66455
G1 X126.021 Y81.235 E12.81417
G1 X127.086 Y83.526 E13.5681
G1 X128.215 Y85.787 E14.32226
G1 X129.402 Y88.004 E15.07271
G1 X130.647 Y90.178 E15.82031
G1 X131.958 Y92.325 E16.57101
G1 X133.339 Y94.451 E17.32754
G1 X134.751 Y96.493 E18.0684
G1 X136.261 Y98.553 E18.8306
G1 X137.8 Y100.531 E19.57849
G1 X139.373 Y102.438 E20.31618
G1 X141.72 Y105.1 E21.37523
G1 X142.221 Y105.662 E21.5999
G1 X142.811 Y106.383 E21.87792
G1 X142.943 Y106.559 E21.94357
G1 X143.473 Y107.333 E22.2235
G1 X143.915 Y108.109 E22.49
G1 X144.48 Y109.388 E22.90726
G1 X144.587 Y109.679 E22.99978
G1 X144.873 Y110.572 E23.2796
G1 X145.082 Y111.486 E23.55939
G1 X145.228 Y112.6 E23.89467
G1 X145.247 Y112.838 E23.96592
G1 X145.282 Y113.775 E24.24573
G1 X145.237 Y114.712 E24.52567
G1 X145.14 Y115.474 E24.75489
G1 X145.104 Y115.696 E24.82201
G1 X144.915 Y116.614 E25.1017
G1 X144.72 Y117.297 E25.31366
G1 X144.694 Y117.378 E25.33905
G1 X144.369 Y118.258 E25.61899
G1 X143.989 Y119.072 E25.88707
G1 X143.146 Y120.7 E26.43415
G1 X143.013 Y120.95 E26.51866
G1 X141.902 Y123.178 E27.26161
G1 X140.845 Y125.457 E28.01128
G1 X139.842 Y127.793 E28.76992

G1 X138.911 Y130.136 E29.52228
G1 X138.056 Y132.489 E30.26937
G1 X137.255 Y134.9 E31.02752
G1 X136.797 Y136.416 E31.50011
G1 X136.76 Y136.522 E31.53362
G1 X136.276 Y138.141 E32.03788
G1 X135.934 Y139.115 E32.34593
G1 X135.898 Y139.204 E32.37458
G1 X135.51 Y140.057 E32.65423
G1 X135.252 Y140.537 E32.81685
G1 X135.152 Y140.712 E32.87699
G1 X134.652 Y141.505 E33.15675
G1 X134.087 Y142.254 E33.43672
G1 X133.693 Y142.705 E33.61543
G1 X133.542 Y142.869 E33.68196
G1 X132.878 Y143.531 E33.96176
G1 X132.16 Y144.134 E34.24156
G1 X131.393 Y144.674 E34.52148
G1 X130.877 Y144.986 E34.70143
G1 X130.572 Y145.159 E34.80606
G1 X129.737 Y145.587 E35.08607
G1 X129.17 Y145.828 E35.26992
G1 X128.285 Y146.139 E35.54985
G1 X127.377 Y146.373 E35.82966
G1 X126.745 Y146.489 E36.02141
G1 X126.483 Y146.529 E36.1005
G1 X125.297 Y146.645 E36.45611
G1 X125.181 Y146.65 E36.49076
G1 X124.832 Y146.659 E36.59494
G1 X124.179 Y146.666 E36.78982
G1 X91.29 Y146.665 E46.60441
G1 X90.547 Y146.653 E46.82616
G1 X89.611 Y146.597 E47.10598
G1 X88.294 Y146.382 E47.50419
G1 X87.963 Y146.307 E47.60547
G1 X87.058 Y146.061 E47.88534
G1 X86.177 Y145.739 E48.16525
G1 X85.072 Y145.206 E48.53136
G1 X84.826 Y145.07 E48.61524
G1 X84.025 Y144.581 E48.89529
G1 X83.269 Y144.027 E49.17498
G1 X82.37 Y143.221 E49.53529
G1 X82.213 Y143.064 E49.60155
G1 X81.579 Y142.373 E49.8814
G1 X81.005 Y141.631 E50.16134
G1 X80.479 Y140.81 E50.45231
G1 X80.328 Y140.55 E50.54204
G1 X79.892 Y139.72 E50.82182
G1 X79.391 Y138.463 E51.22562
G1 X79.366 Y138.387 E51.2495
G1 X79.21 Y137.87 E51.41065
G1 X78.92 Y136.813 E51.73773
G1 X78.707 Y135.997 E51.9894
G1 X77.993 Y133.535 E52.75437
G1 X77.223 Y131.14 E53.5051

G1 X76.395 Y128.796 E54.24695
 G1 X75.494 Y126.458 E54.99466
 G1 X74.514 Y124.11 E55.75392
 G1 X73.478 Y121.816 E56.50506
 G1 X72.037 Y118.872 E57.48319
 G1 X71.661 Y118.013 E57.76301
 G1 X71.408 Y117.286 E57.99272
 G1 X71.114 Y116.127 E58.34953
 G1 X71.056 Y115.832 E58.43925
 G1 X70.914 Y114.905 E58.71911
 G1 X70.852 Y113.969 E58.99904
 G1 X70.871 Y113.021 E59.28199
 G1 X70.885 Y112.798 E59.34867
 G1 X70.983 Y111.865 E59.62862
 G1 X71.161 Y110.944 E59.90855
 G1 X71.282 Y110.479 E60.05194
 G1 X71.338 Y110.282 E60.11305
 G1 X71.633 Y109.392 E60.39285
 G1 X72.002 Y108.53 E60.67266
 G1 X72.299 Y107.956 E60.86553
 G1 X72.406 Y107.763 E60.93138
 G1 X72.895 Y106.963 E61.21118
 G1 X73.301 Y106.398 E61.4188
 G1 X73.344 Y106.342 E61.43987
 G1 X73.849 Y105.732 E61.67619
 G1 X76.195 Y103.094 E62.72967
 G1 X77.847 Y101.125 E63.49667
 G1 X79.387 Y99.182 E64.23652
 G1 X80.92 Y97.132 E65.00041
 G1 X82.349 Y95.102 E65.74123
 G1 X83.755 Y92.98 E66.50086
 G1 X85.073 Y90.865 E67.24453
 G1 X86.332 Y88.709 E67.98958
 G1 X87.567 Y86.451 E68.7576
 G1 X88.693 Y84.246 E69.49644
 G1 X89.763 Y81.996 E70.23993
 G1 X90.725 Y79.786 E70.9592
 G1 X90.846 Y79.537 E71.04181
 G1 X91.735 Y77.476 E71.71162
 G1 X96.888 Y66.008 E75.46346
 G1 X97.189 Y65.363 E75.67587
 G1 X97.863 Y64.131 E76.09494
 G1 X98.001 Y63.913 E76.17193
 ;MESH:plane.3mf
 G0 X105.34 Y71.649
 G0 X108.064 Y72.872
 G0 X108.065 Y104.536
 ;TYPE:WALL-INNER
 G1 X107.694 Y104.272 E76.30781
 G1 X108.066 Y103.866 E76.37197
 G1 X108.436 Y104.271 E76.42396
 G1 X108.065 Y104.536 E76.44764
 G0 X108.065 Y107.2
 G1 X107.309 Y106.452 E76.76501
 G1 X105.96 Y105.494 E77.25875

G1 X105.05 Y104.985 E77.56991
 G1 X104.545 Y104.751 E77.736
 G1 X107.28 Y101.761 E78.94524
 G1 X107.905 Y101.023 E79.23383
 G1 X108.064 Y100.805 E79.31435
 G1 X108.197 Y100.987
 G1 X108.881 Y101.794 E79.52127
 G1 X111.586 Y104.751 E80.7172
 G1 X111.161 Y104.945 E80.85662
 G1 X110.2 Y105.469 E81.18326
 G1 X108.8 Y106.468 E81.6965
 G1 X108.065 Y107.2 E82.00605
 G0 X108.067 Y110.382
 G1 X107.252 Y109.21 E82.43204
 G1 X106.018 Y107.988 E82.95029
 G1 X104.89 Y107.187 E83.36314
 G1 X104.14 Y106.768 E83.61951
 G1 X102.958 Y106.22 E84.0083
 G1 X101.263 Y105.779 E84.53096
 G1 X100.921 Y105.75 E84.63338
 G1 X105.778 Y100.439 E86.78109
 G1 X106.331 Y99.786 E87.03644
 G1 X106.995 Y98.874 E87.37309
 G1 X107.597 Y97.898 E87.71529
 G1 X108.06 Y97.006 E88.0152
 G1 X108.529 Y97.905 E88.11265
 G1 X109.114 Y98.85 E88.35287
 G1 X109.77 Y99.75 E88.68522
 G1 X110.382 Y100.472 E88.96766
 G1 X115.219 Y105.76 E91.10628
 G1 X114.639 Y105.825 E91.28044
 G1 X113.139 Y106.242 E91.74504
 G1 X112.055 Y106.736 E92.10053
 G1 X111.263 Y107.167 E92.3696
 G1 X110.095 Y108.001 E92.79789
 G1 X108.861 Y109.23 E93.31761
 G1 X108.067 Y110.382 E93.52791
 G0 X105.764 Y128.666
 G1 X105.939 Y128.472 E93.60587
 G1 X106.65 Y127.369 E93.99748
 G1 X107.169 Y126.159 E94.39038
 G1 X107.478 Y124.911 E94.77405
 G1 X107.565 Y123.9 E95.07686
 G1 X107.565 Y115.321 E97.63697
 G1 X107.466 Y114.284 E97.94783
 G1 X107.217 Y113.314 E98.24668
 G1 X106.99 Y112.668 E98.45101
 G1 X106.521 Y111.663 E98.78197
 G1 X105.714 Y110.502 E99.2039
 G1 X104.727 Y109.524 E99.61855
 G1 X103.821 Y108.881 E99.95008
 G1 X103.23 Y108.551 E100.15208
 G1 X102.28 Y108.11 E100.46463
 G1 X100.923 Y107.757 E100.88305
 G1 X99.861 Y107.666 E101.20113

G1 X96.457 Y107.666 E102.21694
G1 X97.987 Y105.993 E102.50485
G1 X104.276 Y99.117 E105.28558
G1 X104.757 Y98.549 E105.50769
G1 X105.333 Y97.758 E105.79969
G1 X105.856 Y96.911 E106.09675
G1 X106.301 Y96.053 E106.38518
G1 X106.689 Y95.15 E106.67847
G1 X107.009 Y94.22 E106.97196
G1 X107.258 Y93.267 E107.2659
G1 X107.336 Y92.835 E107.3969
G1 X107.402 Y92.558 E107.48188
G1 X107.534 Y91.421 E107.82345
G1 X107.549 Y90.998 E107.94976
G1 X107.565 Y90.837 E107.99804
G1 X107.565 Y86.891 E109.17559
G1 X107.573 Y86.615 E109.25799
G1 X107.613 Y86.288 E109.3563
G1 X107.709 Y85.898 E109.47616
G1 X107.758 Y85.755 E109.52126
G1 X107.875 Y85.473 E109.61237
G1 X108.064 Y85.052 E109.75009
G1 X108.275 Y85.521 E109.78405
G1 X108.43 Y85.93 E109.82881
G1 X108.514 Y86.281 E109.86987
G1 X108.556 Y86.627 E109.91589
G1 X108.565 Y86.923 E109.95871
G1 X108.565 Y90.598 E110.48712
G1 X108.595 Y91.425 E110.64785
G1 X108.7 Y92.391 E110.8098
G1 X108.88 Y93.343 E111.03579
G1 X109.127 Y94.273 E111.32294
G1 X109.444 Y95.188 E111.61191
G1 X109.827 Y96.069 E111.89859
G1 X110.268 Y96.915 E112.18329
G1 X110.775 Y97.733 E112.47048
G1 X111.343 Y98.513 E112.75842
G1 X111.883 Y99.15 E113.00762
G1 X118.143 Y105.993 E115.77524
G1 X119.673 Y107.666 E116.45178
G1 X116.173 Y107.666 E117.10084
G1 X115.02 Y107.795 E117.44706
G1 X113.825 Y108.127 E117.81717
G1 X112.949 Y108.526 E118.10442
G1 X112.327 Y108.865 E118.31581
G1 X111.39 Y109.534 E118.65938
G1 X110.403 Y110.517 E119.07508
G1 X109.604 Y111.676 E119.49516
G1 X109.016 Y112.935 E119.90982
G1 X108.656 Y114.303 E120.24721
G1 X108.565 Y115.374 E120.42561
G1 X108.566 Y123.867 E121.68769
G1 X108.631 Y124.779 E121.82708
G1 X108.856 Y125.757 E122.01687
G1 X109.059 Y126.377 E122.17696

G1 X109.423 Y127.234 E122.45482
G1 X109.984 Y128.168 E122.77995
G1 X110.384 Y128.666 E122.97056
G1 X105.764 Y128.666 E124.34924
G0 X100.821 Y130.666
G1 X103.831 Y127.823 E125.5848
G1 X104.345 Y127.253 E125.81384
G1 X104.878 Y126.426 E126.10744
G1 X105.267 Y125.52 E126.40168
G1 X105.499 Y124.583 E126.68973
G1 X105.565 Y123.814 E126.92006
G1 X105.565 Y115.416 E129.42615
G1 X105.49 Y114.63 E129.66177
G1 X105.301 Y113.895 E129.88824
G1 X105.136 Y113.424 E130.03717
G1 X104.781 Y112.664 E130.28749
G1 X104.176 Y111.794 E130.60372
G1 X103.436 Y111.06 E130.91475
G1 X102.752 Y110.575 E131.16497
G1 X102.32 Y110.334 E131.31259
G1 X101.601 Y110 E131.54917
G1 X100.583 Y109.735 E131.86308
G1 X99.776 Y109.666 E132.10478
G1 X94.185 Y109.665 E133.77322
G1 X91.917 Y109.665 E134.45003
G1 X93.447 Y107.992 E134.81695
G1 X102.774 Y97.796 E138.94061
G1 X103.183 Y97.312 E139.12971
G1 X103.672 Y96.642 E139.37723
G1 X104.115 Y95.924 E139.629
G1 X104.492 Y95.197 E139.87338
G1 X104.822 Y94.429 E140.12282
G1 X105.093 Y93.641 E140.37149
G1 X105.304 Y92.835 E140.62012
G1 X105.377 Y92.432 E140.74234
G1 X105.429 Y92.212 E140.8098
G1 X105.538 Y91.271 E141.09249
G1 X105.552 Y90.869 E141.21252
G1 X105.565 Y90.738 E141.25181
G1 X105.565 Y86.867 E142.40697
G1 X105.576 Y86.491 E142.51923
G1 X105.601 Y86.214 E142.60222
G1 X105.643 Y85.939 E142.68524
G1 X105.705 Y85.64 E142.77636
G1 X105.797 Y85.305 E142.88003
G1 X105.884 Y85.053 E142.95959
G1 X106.035 Y84.688 E143.07746
G1 X107.153 Y82.201 E143.89117
G1 X108.064 Y80.172 E144.55488
G1 X108.975 Y82.2 E144.91563
G1 X110.117 Y84.741 E145.74696
G1 X110.233 Y85.022 E145.83768
G1 X110.344 Y85.348 E145.94045
G1 X110.42 Y85.625 E146.02616
G1 X110.482 Y85.923 E146.117

G1 X110.528 Y86.226 E146.20845
 G1 X110.553 Y86.499 E146.29026
 G1 X110.565 Y86.896 E146.40879
 G1 X110.565 Y90.562 E147.50278
 G1 X110.591 Y91.28 E147.71718
 G1 X110.68 Y92.096 E147.96213
 G1 X110.832 Y92.9 E148.20631
 G1 X111.041 Y93.688 E148.44959
 G1 X111.309 Y94.461 E148.69373
 G1 X111.633 Y95.207 E148.93644
 G1 X112.007 Y95.924 E149.17776
 G1 X112.436 Y96.616 E149.42073
 G1 X112.916 Y97.276 E149.66427
 G1 X113.384 Y97.827 E149.88
 G1 X122.684 Y107.993 E153.99161
 G1 X124.214 Y109.666 E154.66816
 G1 X121.946 Y109.666 E155.03536
 G1 X116.285 Y109.666 E156.72469
 G1 X115.401 Y109.765 E156.99014
 G1 X114.511 Y110.012 E157.26576
 G1 X113.844 Y110.316 E157.48451
 G1 X113.391 Y110.563 E157.63848
 G1 X112.685 Y111.067 E157.89733
 G1 X111.945 Y111.804 E158.209
 G1 X111.345 Y112.674 E158.52438
 G1 X110.904 Y113.618 E158.8353
 G1 X110.634 Y114.644 E159.1519
 G1 X110.565 Y115.458 E159.39568
 G1 X110.566 Y123.796 E161.88387
 G1 X110.615 Y124.482 E162.08911
 G1 X110.785 Y125.221 E162.3154
 G1 X110.933 Y125.674 E162.45761
 G1 X111.209 Y126.324 E162.66834
 G1 X111.628 Y127.021 E162.91103
 G1 X112.133 Y127.649 E163.15151
 G1 X115.15 Y130.666 E164.42475
 G1 X112.737 Y130.666 E164.68146
 G1 X103.334 Y130.666 E167.48747
 G1 X100.821 Y130.666 E167.77402
 G0 X95.792 Y132.666
 G1 X97.618 Y130.941 E168.52362
 G1 X102.399 Y126.425 E170.4862
 G1 X102.751 Y126.034 E170.64319
 G1 X103.106 Y125.483 E170.83879
 G1 X103.365 Y124.88 E171.03463
 G1 X103.52 Y124.255 E171.22679
 G1 X103.565 Y123.729 E171.38433
 G1 X103.565 Y115.511 E173.83671
 G1 X103.514 Y114.977 E173.99679
 G1 X103.385 Y114.476 E174.15117
 G1 X103.281 Y114.179 E174.24508
 G1 X103.041 Y113.665 E174.41436
 G1 X102.638 Y113.085 E174.62512
 G1 X102.145 Y112.596 E174.83234
 G1 X101.684 Y112.269 E175.001

G1 X101.411 Y112.117 E175.09425
 G1 X100.922 Y111.89 E175.25513
 G1 X100.243 Y111.713 E175.46452
 G1 X99.691 Y111.666 E175.62984
 G1 X89.645 Y111.665 E178.62773
 G1 X87.377 Y111.665 E179.30453
 G1 X88.907 Y109.992 E179.67145
 G1 X101.272 Y96.475 E185.13826
 G1 X101.609 Y96.076 E185.29412
 G1 X102.01 Y95.526 E185.49724
 G1 X102.374 Y94.936 E185.70412
 G1 X102.684 Y94.34 E185.90459
 G1 X102.955 Y93.709 E186.10952
 G1 X103.177 Y93.062 E186.31365
 G1 X103.35 Y92.403 E186.51697
 G1 X103.419 Y92.021 E186.63281
 G1 X103.456 Y91.865 E186.68065
 G1 X103.542 Y91.122 E186.90385
 G1 X103.555 Y90.738 E187.01851
 G1 X103.565 Y90.638 E187.0485
 G1 X103.565 Y86.84 E188.18188
 G1 X103.579 Y86.373 E188.32131
 G1 X103.614 Y85.979 E188.43934
 G1 X103.675 Y85.577 E188.56068
 G1 X103.76 Y85.169 E188.68505
 G1 X103.887 Y84.709 E188.82746
 G1 X104.015 Y84.338 E188.94457
 G1 X104.186 Y83.924 E189.07824
 G1 X107.153 Y77.32 E191.23873
 G1 X108.064 Y75.292 E191.90218
 G1 X108.975 Y77.32 E192.263
 G1 X111.949 Y83.939 E194.42843
 G1 X112.107 Y84.32 E194.55151
 G1 X112.259 Y84.766 E194.69212
 G1 X112.366 Y85.159 E194.81367
 G1 X112.45 Y85.561 E194.93622
 G1 X112.515 Y85.987 E195.06482
 G1 X112.55 Y86.377 E195.18167
 G1 X112.565 Y86.868 E195.32826
 G1 X112.565 Y90.526 E196.41986
 G1 X112.587 Y91.135 E196.60172
 G1 X112.66 Y91.801 E196.80165
 G1 X112.784 Y92.458 E197.00117
 G1 X112.955 Y93.103 E197.2003
 G1 X113.174 Y93.734 E197.39962
 G1 X113.439 Y94.345 E197.59836
 G1 X113.746 Y94.933 E197.79631
 G1 X114.097 Y95.499 E197.99505
 G1 X114.49 Y96.039 E198.19435
 G1 X114.885 Y96.505 E198.37665
 G1 X127.224 Y109.993 E203.83184
 G1 X128.754 Y111.666 E204.50838
 G1 X126.486 Y111.666 E204.87558
 G1 X116.397 Y111.666 E207.8863
 G1 X115.782 Y111.735 E208.07098

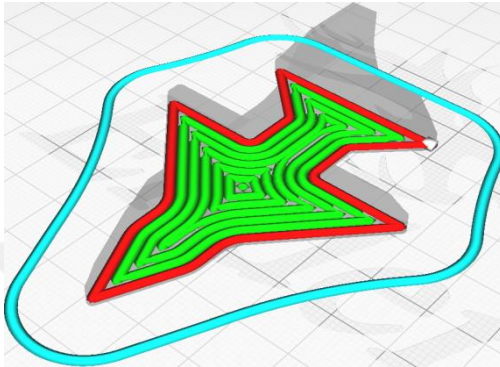
G1 X115.197 Y111.897 E208.25212
 G1 X114.739 Y112.106 E208.40235
 G1 X114.455 Y112.261 E208.4989
 G1 X113.98 Y112.6 E208.67305
 G1 X113.487 Y113.091 E208.88068
 G1 X113.086 Y113.672 E209.09135
 G1 X112.792 Y114.301 E209.29854
 G1 X112.612 Y114.985 E209.50961
 G1 X112.565 Y115.542 E209.67642
 G1 X112.566 Y123.724 E212.11805
 G1 X112.599 Y124.185 E212.25597
 G1 X112.714 Y124.686 E212.40937
 G1 X112.807 Y124.971 E212.49883
 G1 X112.995 Y125.413 E212.64217
 G1 X113.272 Y125.874 E212.80266
 G1 X113.624 Y126.312 E212.97034
 G1 X118.272 Y130.96 E214.93191
 G1 X119.978 Y132.666 E215.65188
 G1 X117.565 Y132.666 E216.03937
 G1 X98.305 Y132.666 E221.78685
 G1 X95.792 Y132.666 E222.18845
 G0 X93.37 Y133.63
 G0 X90.769 Y134.663
 ;TYPE:WALL-OUTER
 G1 X90.79 Y134.64 E222.19774
 G1 X100.967 Y125.027 E226.37536
 G1 X101.157 Y124.816 E226.46009
 G1 X101.334 Y124.541 E226.55768
 G1 X101.463 Y124.24 E226.65541
 G1 X101.541 Y123.927 E226.75167
 G1 X101.565 Y123.644 E226.83642
 G1 X101.565 Y115.606 E229.23509
 G1 X101.538 Y115.323 E229.31992
 G1 X101.47 Y115.058 E229.40156
 G1 X101.427 Y114.936 E229.44017
 G1 X101.301 Y114.666 E229.52908
 G1 X101.1 Y114.377 E229.63413
 G1 X100.853 Y114.132 E229.73795
 G1 X100.615 Y113.963 E229.82505
 G1 X100.502 Y113.9 E229.86366
 G1 X100.243 Y113.78 E229.94884
 G1 X99.903 Y113.691 E230.05372
 G1 X99.607 Y113.666 E230.14237
 G1 X82.845 Y113.664 E235.14441
 G1 X82.857 Y113.642 E235.15189
 G1 X99.77 Y95.153 E242.62952
 G1 X100.035 Y94.84 E242.75191
 G1 X100.348 Y94.41 E242.91062
 G1 X100.634 Y93.947 E243.07302
 G1 X100.876 Y93.482 E243.22945
 G1 X101.088 Y92.989 E243.3896
 G1 X101.261 Y92.484 E243.54889
 G1 X101.396 Y91.969 E243.70777
 G1 X101.462 Y91.608 E243.81728
 G1 X101.482 Y91.522 E243.84363

G1 X101.546 Y90.973 E244.00857
 G1 X101.558 Y90.611 E244.11666
 G1 X101.565 Y90.54 E244.13795
 G1 X101.565 Y86.812 E245.25044
 G1 X101.582 Y86.252 E245.41763
 G1 X101.628 Y85.739 E245.57133
 G1 X101.705 Y85.226 E245.72613
 G1 X101.816 Y84.694 E245.88831
 G1 X101.972 Y84.13 E246.06294
 G1 X102.147 Y83.621 E246.22356
 G1 X102.344 Y83.144 E246.37756
 G1 X108.05 Y70.444 E250.53238
 G1 X108.078 Y70.442 E250.54076
 G1 X113.784 Y83.143 E254.69586
 G1 X113.98 Y83.617 E254.84892
 G1 X114.172 Y84.181 E255.02671
 G1 X114.309 Y84.682 E255.18171
 G1 X114.422 Y85.221 E255.34605
 G1 X114.501 Y85.745 E255.50419
 G1 X114.547 Y86.251 E255.65581
 G1 X114.565 Y86.84 E255.83166
 G1 X114.565 Y90.49 E256.92087
 G1 X114.583 Y90.989 E257.06988
 G1 X114.64 Y91.506 E257.2251
 G1 X114.736 Y92.016 E257.37996
 G1 X114.869 Y92.518 E257.53493
 G1 X115.039 Y93.007 E257.68943
 G1 X115.245 Y93.483 E257.8442
 G1 X115.485 Y93.942 E257.99877
 G1 X115.758 Y94.383 E258.15355
 G1 X116.063 Y94.802 E258.3082
 G1 X116.386 Y95.183 E258.45726
 G1 X133.272 Y113.642 E265.92285
 G1 X133.288 Y113.663 E265.93072
 G1 X133.253 Y113.666 E265.94121
 G1 X116.509 Y113.666 E270.93788
 G1 X116.162 Y113.705 E271.04208
 G1 X115.883 Y113.782 E271.12845
 G1 X115.636 Y113.895 E271.2095
 G1 X115.519 Y113.959 E271.2493
 G1 X115.275 Y114.133 E271.33873
 G1 X115.028 Y114.379 E271.44276
 G1 X114.827 Y114.67 E271.5483
 G1 X114.68 Y114.985 E271.65204
 G1 X114.59 Y115.326 E271.75728
 G1 X114.565 Y115.625 E271.84682
 G1 X114.566 Y123.652 E274.2422
 G1 X114.583 Y123.888 E274.31281
 G1 X114.643 Y124.15 E274.39302
 G1 X114.682 Y124.269 E274.43039
 G1 X114.781 Y124.503 E274.50621
 G1 X114.916 Y124.727 E274.58425
 G1 X115.115 Y124.975 E274.67914
 G1 X124.784 Y134.644 E278.75968
 G1 X124.765 Y134.666 E278.76836

```

G1 X90.804 Y134.666 E288.90285
G1 X90.769 Y134.663 E288.91333
;MESH:NONMESH
G0 F120 X90.769 Y134.663 Z2.4
G0 F600 X93.37 Y133.63
G0 X101.985 Y125.449
G0 X102.255 Y125.03
G0 X102.365 Y124.771
G0 X108.066 Y104.539
;TIME_ELAPSED:124.253942
;LAYER:1

```



```

;TYPE:WALL-INNER
;MESH:plane.3mf
G1 X107.716 Y104.244 E289.04993
G1 X108.064 Y103.864 E289.11069
G1 X108.415 Y104.247 E289.15535
G1 X108.066 Y104.539 E289.18196
G0 X108.061 Y107.152
G1 X106.306 Y105.671 E289.86724
G1 X104.557 Y104.735 E290.45921
G1 X107.321 Y101.712 E291.68156
G1 X107.809 Y101.141 E291.9057
G1 X108.061 Y100.8 E292.03223
G1 X108.197 Y100.987
G1 X108.881 Y101.794 E292.23266
G1 X111.57 Y104.734 E293.42162
G1 X109.838 Y105.664 E294.00828
G1 X108.061 Y107.152 E294.69992
G0 X108.076 Y110.387
G1 X107.978 Y110.202 E294.7624
G1 X106.809 Y108.713 E295.32732
G1 X105.177 Y107.335 E295.96472
G1 X103.475 Y106.425 E296.54066
G1 X101.796 Y105.889 E297.06661
G1 X100.905 Y105.765 E297.33506
G1 X105.822 Y100.388 E299.50938
G1 X106.242 Y99.896 E299.70243
G1 X106.71 Y99.262 E299.93758
G1 X106.993 Y98.853 E300.08601
G1 X107.345 Y98.291 E300.2839
G1 X107.601 Y97.853 E300.43529
G1 X107.898 Y97.288 E300.62577
G1 X108.048 Y96.984 E300.72693
G1 X108.529 Y97.905 E300.88078

```

```

G1 X109.114 Y98.85 E301.13756
G1 X109.77 Y99.75 E301.46991
G1 X110.382 Y100.472 E301.75235
G1 X115.221 Y105.763 E303.89203
G1 X114.433 Y105.862 E304.12903
G1 X112.668 Y106.415 E304.68098
G1 X110.965 Y107.329 E305.25774
G1 X109.468 Y108.583 E305.8405
G1 X108.519 Y109.699 E306.27766
G1 X108.076 Y110.387 E306.36632
G0 X110.381 Y128.666
G1 X105.764 Y128.666 E307.7441
G1 X105.939 Y128.472 E307.82207
G1 X106.65 Y127.369 E308.21368
G1 X107.169 Y126.159 E308.60658
G1 X107.478 Y124.911 E308.99025
G1 X107.565 Y123.9 E309.29306
G1 X107.564 Y115.171 E311.89793
G1 X107.39 Y113.9 E312.28075
G1 X106.963 Y112.56 E312.70044
G1 X106.294 Y111.296 E313.12721
G1 X105.362 Y110.109 E313.57757
G1 X104.048 Y108.999 E314.09087
G1 X102.693 Y108.275 E314.54933
G1 X101.35 Y107.846 E314.97005
G1 X100.239 Y107.691 E315.3048
G1 X99.742 Y107.666 E315.4533
G1 X96.456 Y107.666 E316.43389
G1 X97.986 Y105.993 E316.73009
G1 X104.323 Y99.064 E319.53215
G1 X104.675 Y98.651 E319.69409
G1 X105.083 Y98.099 E319.89893
G1 X105.322 Y97.753 E320.02442
G1 X105.634 Y97.255 E320.19978
G1 X105.852 Y96.882 E320.32871
G1 X106.116 Y96.38 E320.49797
G1 X106.301 Y96.005 E320.62275
G1 X106.535 Y95.468 E320.79755
G1 X106.699 Y95.066 E320.92711
G1 X106.915 Y94.441 E321.12445
G1 X107.095 Y93.829 E321.31481
G1 X107.262 Y93.173 E321.51682
G1 X107.384 Y92.533 E321.71124
G1 X107.45 Y92.103 E321.84106
G1 X107.523 Y91.446 E322.03833
G1 X107.565 Y90.751 E322.24611
G1 X107.565 Y86.833 E323.4153
G1 X107.586 Y86.468 E323.5244
G1 X107.634 Y86.178 E323.61212
G1 X107.709 Y85.898 E323.69862
G1 X107.752 Y85.774 E323.73779
G1 X107.871 Y85.48 E323.83243
G1 X108.064 Y85.051 E323.97281
G1 X108.26 Y85.487 E323.99795
G1 X108.373 Y85.764 E324.00917

```

G1 X108.465 Y86.055 E324.04222
 G1 X108.542 Y86.47 E324.10903
 G1 X108.565 Y86.867 E324.16953
 G1 X108.565 Y90.598 E324.71256
 G1 X108.595 Y91.425 E324.85004
 G1 X108.7 Y92.391 E325.04036
 G1 X108.88 Y93.343 E325.26444
 G1 X109.127 Y94.273 E325.55159
 G1 X109.444 Y95.188 E325.84056
 G1 X109.827 Y96.069 E326.12724
 G1 X110.268 Y96.915 E326.41194
 G1 X110.775 Y97.733 E326.69913
 G1 X111.343 Y98.513 E326.98707
 G1 X111.883 Y99.15 E327.23627
 G1 X118.142 Y105.993 E330.00369
 G1 X119.672 Y107.666 E330.68023
 G1 X116.118 Y107.666 E331.34152
 G1 X114.86 Y107.824 E331.71988
 G1 X113.447 Y108.267 E332.16177
 G1 X112.092 Y108.994 E332.62065
 G1 X110.882 Y110.008 E333.09176
 G1 X110.128 Y110.894 E333.43894
 G1 X109.525 Y111.83 E333.7712
 G1 X108.971 Y113.07 E334.17649
 G1 X108.66 Y114.343 E334.50628
 G1 X108.566 Y115.282 E334.68887
 G1 X108.565 Y123.999 E336.00822
 G1 X108.717 Y125.264 E336.27528
 G1 X109.202 Y126.791 E336.75339
 G1 X109.982 Y128.18 E337.22877
 G1 X110.381 Y128.666 E337.41642
 G0 X115.15 Y130.666
 G1 X112.737 Y130.666 E338.1365
 G1 X103.334 Y130.666 E340.9425
 G1 X100.82 Y130.666 E341.69271
 G1 X103.831 Y127.823 E342.46496
 G1 X104.345 Y127.253 E342.694
 G1 X104.878 Y126.426 E342.98761
 G1 X105.267 Y125.52 E343.28184
 G1 X105.499 Y124.583 E343.5699
 G1 X105.565 Y123.814 E343.80022
 G1 X105.564 Y115.307 E346.33884
 G1 X105.432 Y114.342 E346.62949
 G1 X105.112 Y113.338 E346.94395
 G1 X104.61 Y112.39 E347.26407
 G1 X103.915 Y111.505 E347.59987
 G1 X102.919 Y110.663 E347.98907
 G1 X101.911 Y110.125 E348.33003
 G1 X100.904 Y109.803 E348.64553
 G1 X100.05 Y109.684 E348.90283
 G1 X99.692 Y109.666 E349.0098
 G1 X94.185 Y109.665 E350.65318
 G1 X91.917 Y109.665 E351.32998
 G1 X93.447 Y107.992 E351.6969
 G1 X102.824 Y97.74 E355.84296

G1 X103.108 Y97.407 E355.97357
 G1 X103.455 Y96.937 E356.14791
 G1 X103.651 Y96.653 E356.25088
 G1 X103.923 Y96.219 E356.40373
 G1 X104.103 Y95.911 E356.51018
 G1 X104.334 Y95.472 E356.65822
 G1 X104.487 Y95.162 E356.76138
 G1 X104.692 Y94.692 E356.9144
 G1 X104.826 Y94.362 E357.02068
 G1 X105.01 Y93.831 E357.18839
 G1 X105.166 Y93.3 E357.35354
 G1 X105.309 Y92.738 E357.52659
 G1 X105.413 Y92.194 E357.69187
 G1 X105.467 Y91.841 E357.79844
 G1 X105.53 Y91.275 E357.96839
 G1 X105.565 Y90.691 E358.14297
 G1 X105.565 Y86.794 E359.3059
 G1 X105.576 Y86.493 E359.39578
 G1 X105.599 Y86.231 E359.47427
 G1 X105.609 Y86.161 E359.49537
 G1 X105.673 Y85.78 E359.61066
 G1 X105.72 Y85.576 E359.67313
 G1 X105.798 Y85.304 E359.75757
 G1 X105.88 Y85.069 E359.83184
 G1 X106.031 Y84.698 E359.95137
 G1 X107.153 Y82.2 E360.76856
 G1 X108.064 Y80.172 E361.432
 G1 X108.975 Y82.2 E361.79282
 G1 X110.098 Y84.698 E362.61013
 G1 X110.246 Y85.06 E362.72683
 G1 X110.333 Y85.31 E362.80583
 G1 X110.405 Y85.565 E362.8849
 G1 X110.461 Y85.81 E362.95989
 G1 X110.486 Y85.937 E362.99852
 G1 X110.529 Y86.238 E363.08926
 G1 X110.555 Y86.525 E363.17525
 G1 X110.565 Y86.833 E363.26721
 G1 X110.565 Y90.562 E364.38
 G1 X110.591 Y91.28 E364.59441
 G1 X110.68 Y92.096 E364.83936
 G1 X110.832 Y92.9 E365.08353
 G1 X111.041 Y93.688 E365.32682
 G1 X111.309 Y94.461 E365.57096
 G1 X111.633 Y95.207 E365.81367
 G1 X112.007 Y95.924 E366.05499
 G1 X112.436 Y96.616 E366.29796
 G1 X112.916 Y97.276 E366.54149
 G1 X113.384 Y97.827 E366.75722
 G1 X122.682 Y107.993 E370.86844
 G1 X124.212 Y109.666 E371.54498
 G1 X121.944 Y109.666 E371.91218
 G1 X116.243 Y109.666 E373.61345
 G1 X115.287 Y109.786 E373.90097
 G1 X114.226 Y110.119 E374.23282
 G1 X113.219 Y110.659 E374.5738

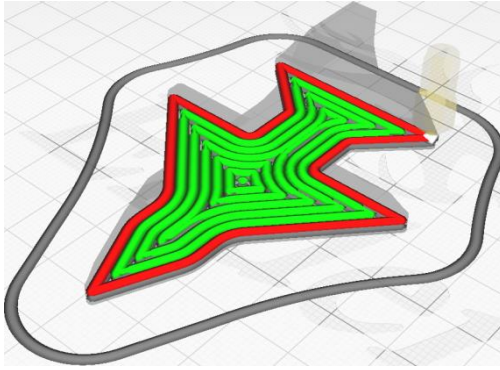
G1 X112.296 Y111.433 E374.93327
G1 X111.737 Y112.089 E375.19046
G1 X111.289 Y112.785 E375.43747
G1 X110.871 Y113.721 E375.74337
G1 X110.636 Y114.682 E376.0386
G1 X110.566 Y115.382 E376.24853
G1 X110.565 Y123.88 E378.78447
G1 X110.68 Y124.838 E379.0724
G1 X111.046 Y125.99 E379.43311
G1 X111.64 Y127.048 E379.79519
G1 X112.131 Y127.647 E380.02632
G1 X115.15 Y130.666 E380.83676
G0 X119.977 Y132.666
G1 X117.564 Y132.666 E381.55684
G1 X98.304 Y132.666 E387.30432
G1 X95.79 Y132.666 E388.05454
G1 X97.617 Y130.94 E388.45604
G1 X102.399 Y126.425 E390.41862
G1 X102.751 Y126.034 E390.57562
G1 X103.106 Y125.483 E390.77122
G1 X103.365 Y124.88 E390.96706
G1 X103.52 Y124.255 E391.15922
G1 X103.565 Y123.729 E391.31676
G1 X103.564 Y115.443 E393.78943
G1 X103.474 Y114.784 E393.98791
G1 X103.261 Y114.116 E394.19714
G1 X102.926 Y113.484 E394.4106
G1 X102.468 Y112.9 E394.63208
G1 X101.791 Y112.328 E394.89656
G1 X101.129 Y111.975 E395.12044
G1 X100.458 Y111.76 E395.3307
G1 X99.862 Y111.677 E395.51028
G1 X99.642 Y111.666 E395.57601
G1 X89.645 Y111.665 E398.55927
G1 X87.377 Y111.665 E399.23608
G1 X88.907 Y109.992 E399.603
G1 X101.324 Y96.417 E405.09305
G1 X101.54 Y96.163 E405.19255
G1 X101.827 Y95.775 E405.33657
G1 X101.979 Y95.554 E405.41661
G1 X102.212 Y95.183 E405.54735
G1 X102.353 Y94.941 E405.63093
G1 X102.552 Y94.563 E405.75841
G1 X102.673 Y94.318 E405.83995
G1 X102.849 Y93.916 E405.97091
G1 X102.953 Y93.659 E406.05364
G1 X103.105 Y93.221 E406.19199
G1 X103.237 Y92.772 E406.33165
G1 X103.356 Y92.303 E406.47604
G1 X103.442 Y91.855 E406.61217
G1 X103.484 Y91.579 E406.69549
G1 X103.537 Y91.105 E406.83782
G1 X103.565 Y90.632 E406.97921
G1 X103.565 Y86.753 E408.13677
G1 X103.578 Y86.381 E408.24785

G1 X103.612 Y85.994 E408.36378
G1 X103.633 Y85.847 E408.40809
G1 X103.709 Y85.4 E408.5434
G1 X103.784 Y85.073 E408.64351
G1 X103.892 Y84.695 E408.76083
G1 X104.012 Y84.352 E408.86927
G1 X104.178 Y83.944 E409.00071
G1 X107.153 Y77.32 E411.16763
G1 X108.064 Y75.292 E411.83107
G1 X108.975 Y77.32 E412.19189
G1 X111.949 Y83.939 E414.35732
G1 X112.114 Y84.345 E414.4881
G1 X112.239 Y84.703 E414.60126
G1 X112.345 Y85.075 E414.71669
G1 X112.419 Y85.4 E414.81616
G1 X112.46 Y85.61 E414.88001
G1 X112.516 Y85.999 E414.99729
G1 X112.551 Y86.389 E415.11414
G1 X112.558 Y86.554 E415.16342
G1 X112.565 Y86.833 E415.2467
G1 X112.565 Y90.526 E416.34875
G1 X112.587 Y91.135 E416.53061
G1 X112.66 Y91.801 E416.73054
G1 X112.784 Y92.458 E416.93006
G1 X112.955 Y93.103 E417.12919
G1 X113.174 Y93.734 E417.32851
G1 X113.439 Y94.345 E417.52725
G1 X113.746 Y94.933 E417.7252
G1 X114.097 Y95.499 E417.92394
G1 X114.49 Y96.039 E418.12324
G1 X114.885 Y96.505 E418.30554
G1 X127.222 Y109.993 E423.76033
G1 X128.752 Y111.666 E424.43687
G1 X126.484 Y111.666 E424.80407
G1 X116.368 Y111.666 E427.82284
G1 X115.715 Y111.748 E428.01924
G1 X115.005 Y111.971 E428.24132
G1 X114.346 Y112.324 E428.46441
G1 X113.709 Y112.858 E428.71246
G1 X113.346 Y113.284 E428.87948
G1 X113.053 Y113.739 E429.04097
G1 X112.771 Y114.371 E429.24749
G1 X112.612 Y115.021 E429.44718
G1 X112.566 Y115.482 E429.58544
G1 X112.565 Y123.761 E432.05602
G1 X112.643 Y124.412 E432.25168
G1 X112.89 Y125.189 E432.49498
G1 X113.298 Y125.916 E432.74376
G1 X113.615 Y126.303 E432.89304
G1 X116.563 Y129.252 E434.13738
G1 X118.271 Y130.96 E434.85819
G1 X119.977 Y132.666 E435.24549
G0 X122.299 Y133.628
G0 X124.802 Y134.663
;TYPE:WALL-OUTER

G1 X124.766 Y134.666 E435.25627
 G1 X90.795 Y134.666 E445.39374
 G1 X90.771 Y134.658 E445.40129
 G1 X92.288 Y133.223 E446.02444
 G1 X100.967 Y125.027 E449.58672
 G1 X101.157 Y124.816 E449.67145
 G1 X101.334 Y124.541 E449.76904
 G1 X101.463 Y124.24 E449.86677
 G1 X101.541 Y123.927 E449.96303
 G1 X101.565 Y123.644 E450.04778
 G1 X101.564 Y115.579 E452.45451
 G1 X101.516 Y115.227 E452.56052
 G1 X101.41 Y114.895 E452.66452
 G1 X101.242 Y114.578 E452.77158
 G1 X101.02 Y114.295 E452.87892
 G1 X100.663 Y113.993 E453.01846
 G1 X100.347 Y113.825 E453.12526
 G1 X100.011 Y113.717 E453.23058
 G1 X99.674 Y113.67 E453.33212
 G1 X99.593 Y113.666 E453.35632
 G1 X82.84 Y113.665 E458.35567
 G1 X89.592 Y106.279 E461.34195
 G1 X99.824 Y95.094 E465.86566
 G1 X99.972 Y94.92 E465.93383
 G1 X100.198 Y94.614 E466.04735
 G1 X100.308 Y94.454 E466.10529
 G1 X100.502 Y94.146 E466.21391
 G1 X100.603 Y93.973 E466.27369
 G1 X100.77 Y93.654 E466.38114
 G1 X100.86 Y93.473 E466.44147
 G1 X101.005 Y93.14 E466.54985
 G1 X101.081 Y92.953 E466.61009
 G1 X101.2 Y92.611 E466.71815
 G1 X101.307 Y92.245 E466.83194
 G1 X101.403 Y91.867 E466.94832
 G1 X101.471 Y91.515 E467.05531
 G1 X101.501 Y91.317 E467.11507
 G1 X101.544 Y90.935 E467.22978
 G1 X101.565 Y90.574 E467.33769
 G1 X101.565 Y86.753 E468.47794
 G1 X101.571 Y86.511 E468.55018
 G1 X101.582 Y86.249 E468.62843
 G1 X101.625 Y85.765 E468.77343
 G1 X101.661 Y85.511 E468.84999
 G1 X101.742 Y85.036 E468.99378
 G1 X101.787 Y84.823 E469.05874
 G1 X101.852 Y84.554 E469.14133
 G1 X101.98 Y84.107 E469.28008
 G1 X102.055 Y83.887 E469.34944
 G1 X102.15 Y83.62 E469.43401
 G1 X102.331 Y83.175 E469.57737
 G1 X108.051 Y70.441 E473.74316
 G1 X108.064 Y70.416 E473.75157
 G1 X108.082 Y70.451 E473.76332
 G1 X113.789 Y83.155 E477.91935

G1 X113.984 Y83.633 E478.07341
 G1 X114.15 Y84.111 E478.22441
 G1 X114.28 Y84.568 E478.36619
 G1 X114.341 Y84.822 E478.44415
 G1 X114.382 Y85.017 E478.50361
 G1 X114.431 Y85.268 E478.57992
 G1 X114.504 Y85.771 E478.7316
 G1 X114.547 Y86.253 E478.87601
 G1 X114.557 Y86.505 E478.95127
 G1 X114.565 Y86.833 E479.04918
 G1 X114.565 Y90.49 E480.14048
 G1 X114.583 Y90.989 E480.28949
 G1 X114.64 Y91.506 E480.4447
 G1 X114.736 Y92.016 E480.59957
 G1 X114.869 Y92.518 E480.75454
 G1 X115.039 Y93.007 E480.90903
 G1 X115.245 Y93.483 E481.06381
 G1 X115.485 Y93.942 E481.21838
 G1 X115.758 Y94.383 E481.37316
 G1 X116.063 Y94.802 E481.52781
 G1 X116.386 Y95.183 E481.67687
 G1 X133.29 Y113.664 E489.15092
 G1 X133.273 Y113.666 E489.15603
 G1 X116.493 Y113.666 E494.16344
 G1 X116.143 Y113.71 E494.26871
 G1 X115.784 Y113.823 E494.38102
 G1 X115.472 Y113.99 E494.48663
 G1 X115.122 Y114.283 E494.62284
 G1 X114.955 Y114.479 E494.69968
 G1 X114.818 Y114.692 E494.77526
 G1 X114.671 Y115.022 E494.88306
 G1 X114.588 Y115.36 E494.98692
 G1 X114.566 Y115.581 E495.0532
 G1 X114.565 Y123.642 E497.45873
 G1 X114.606 Y123.986 E497.56211
 G1 X114.734 Y124.388 E497.68801
 G1 X114.957 Y124.785 E497.82389
 G1 X115.1 Y124.96 E497.89133
 G1 X124.802 Y134.663 E501.98601
 ;MESH:NONMESH
 G0 F120 X124.802 Y134.663 Z3.6
 G0 F600 X122.299 Y133.628
 G0 X114.095 Y125.372
 G0 X113.808 Y124.861
 G0 X108.066 Y104.499
 ;TIME_ELAPSED:206.649109

;LAYER:2



;TYPE:WALL-INNER

;MESH:plane.3mf

G1 X107.733 Y104.226 E502.11451
G1 X108.065 Y103.863 E502.17174
G1 X108.397 Y104.226 E502.21259
G1 X108.066 Y104.499 E502.23519
G0 X108.038 Y107.112
G1 X107.822 Y106.885 E502.3287
G1 X106.485 Y105.789 E502.8446
G1 X104.678 Y104.709 E503.47281
G1 X104.604 Y104.684 E503.49612
G1 X107.342 Y101.689 E504.70706
G1 X107.786 Y101.179 E504.90885
G1 X108.072 Y100.814 E505.04723
G1 X108.206 Y100.998
G1 X108.892 Y101.804 E505.24757
G1 X111.562 Y104.724 E506.4283
G1 X109.936 Y105.55 E506.97254
G1 X108.038 Y107.112 E507.70608
G0 X108.059 Y110.315
G1 X107.673 Y109.627 E507.94149
G1 X106.459 Y108.354 E508.46643
G1 X105.332 Y107.43 E508.90133
G1 X103.835 Y106.535 E509.42181
G1 X102.219 Y105.988 E509.93092
G1 X100.925 Y105.744 E510.32388
G1 X105.849 Y100.359 E512.50137
G1 X106.243 Y99.905 E512.68076
G1 X106.642 Y99.397 E512.87352
G1 X106.979 Y98.936 E513.04393
G1 X107.402 Y98.29 E513.27436
G1 X107.811 Y97.581 E513.51861
G1 X108.079 Y97.042 E513.69824
G1 X108.529 Y97.906 E513.81952
G1 X109.118 Y98.856 E514.06332
G1 X109.777 Y99.758 E514.39668
G1 X110.392 Y100.481 E514.67993
G1 X115.209 Y105.748 E516.80989
G1 X114.628 Y105.801 E516.98399
G1 X112.803 Y106.337 E517.5516
G1 X111.037 Y107.234 E518.14268
G1 X109.454 Y108.537 E518.75452
G1 X108.204 Y110.043 E519.33857

G1 X108.059 Y110.315
G0 X110.359 Y128.666
G1 X105.764 Y128.666 E520.70979
G1 X105.939 Y128.472 E520.78776
G1 X106.65 Y127.367 E521.17987
G1 X107.169 Y126.156 E521.57304
G1 X107.478 Y124.908 E521.95671
G1 X107.565 Y123.897 E522.25953
G1 X107.565 Y115.276 E524.83217
G1 X107.441 Y114.08 E525.19098
G1 X107.048 Y112.713 E525.61544
G1 X106.667 Y111.922 E525.87744
G1 X106.052 Y110.825 E526.25274
G1 X105.096 Y109.823 E526.66601
G1 X104.178 Y109.07 E527.02033
G1 X102.992 Y108.361 E527.43267
G1 X101.71 Y107.927 E527.83657
G1 X100.545 Y107.707 E528.19036
G1 X99.828 Y107.665 E528.4047
G1 X96.458 Y107.665 E529.41036
G1 X97.988 Y105.992 E529.70065
G1 X104.356 Y99.028 E532.51667
G1 X104.7 Y98.632 E532.6732
G1 X105.047 Y98.189 E532.84113
G1 X105.334 Y97.797 E532.98611
G1 X105.698 Y97.241 E533.18442
G1 X106.048 Y96.635 E533.39326
G1 X106.392 Y95.943 E533.62387
G1 X106.516 Y95.664 E533.71498
G1 X106.717 Y95.178 E533.87192
G1 X106.89 Y94.693 E534.02559
G1 X107.081 Y94.102 E534.21093
G1 X107.251 Y93.405 E534.42503
G1 X107.335 Y93.015 E534.54408
G1 X107.452 Y92.304 E534.7591
G1 X107.514 Y91.697 E534.94118
G1 X107.552 Y91.19 E535.09291
G1 X107.565 Y90.652 E535.2535
G1 X107.566 Y86.763 E536.41404
G1 X107.585 Y86.48 E536.49868
G1 X107.641 Y86.138 E536.6021
G1 X107.758 Y85.759 E536.72046
G1 X107.861 Y85.507 E536.8017
G1 X108.065 Y85.054 E536.94996
G1 X108.281 Y85.536 E536.98272
G1 X108.429 Y85.927 E537.0203
G1 X108.494 Y86.176 E537.03868
G1 X108.521 Y86.314
G1 X108.559 Y86.658 E537.08768
G1 X108.564 Y86.775 E537.09261
G1 X108.565 Y90.598 E537.65811
G1 X108.595 Y91.425 E537.80673
G1 X108.7 Y92.391 E538.0007
G1 X108.88 Y93.343 E538.21716
G1 X109.127 Y94.273 E538.50431

G1 X109.444 Y95.188 E538.79328
 G1 X109.827 Y96.069 E539.07996
 G1 X110.268 Y96.915 E539.36466
 G1 X110.778 Y97.737 E539.65333
 G1 X111.349 Y98.519 E539.94228
 G1 X111.892 Y99.158 E540.19252
 G1 X118.143 Y105.993 E542.95657
 G1 X119.673 Y107.666 E543.63311
 G1 X116.209 Y107.666 E544.27396
 G1 X115.004 Y107.775 E544.63502
 G1 X113.544 Y108.204 E545.08912
 G1 X112.138 Y108.918 E545.5597
 G1 X110.872 Y109.96 E546.049
 G1 X109.874 Y111.163 E546.51544
 G1 X109.115 Y112.589 E546.99751
 G1 X108.686 Y114.068 E547.37182
 G1 X108.553 Y115.368 E547.59727
 G1 X108.565 Y115.769 E547.71699
 G1 X108.565 Y123.897 E548.8936
 G1 X108.654 Y124.922 E549.06206
 G1 X108.994 Y126.364 E549.40516
 G1 X109.58 Y127.519 E549.79165
 G1 X110.239 Y128.536 E550.15328
 G1 X110.359 Y128.666 E550.20608
 G0 X115.151 Y130.666
 G1 X112.738 Y130.666 E550.92616
 G1 X103.334 Y130.666 E553.73245
 G1 X100.821 Y130.666 E554.48237
 G1 X103.831 Y127.823 E555.25452
 G1 X104.345 Y127.253 E555.48356
 G1 X104.878 Y126.425 E555.77742
 G1 X105.267 Y125.518 E556.07192
 G1 X105.499 Y124.58 E556.36027
 G1 X105.565 Y123.811 E556.5906
 G1 X105.565 Y115.379 E559.10684
 G1 X105.47 Y114.462 E559.38195
 G1 X105.173 Y113.429 E559.7027
 G1 X104.892 Y112.846 E559.89583
 G1 X104.431 Y112.023 E560.17733
 G1 X103.733 Y111.292 E560.47895
 G1 X103.024 Y110.71 E560.75268
 G1 X102.149 Y110.187 E561.05688
 G1 X101.201 Y109.866 E561.35555
 G1 X100.3 Y109.696 E561.62917
 G1 X99.77 Y109.665 E561.7876
 G1 X94.186 Y109.665 E563.45395
 G1 X91.918 Y109.665 E564.13076
 G1 X93.448 Y107.992 E564.49768
 G1 X102.862 Y97.698 E568.66044
 G1 X103.156 Y97.359 E568.79435
 G1 X103.453 Y96.98 E568.93804
 G1 X103.69 Y96.657 E569.05759
 G1 X103.994 Y96.192 E569.22338
 G1 X104.285 Y95.689 E569.39679
 G1 X104.582 Y95.09 E569.59631

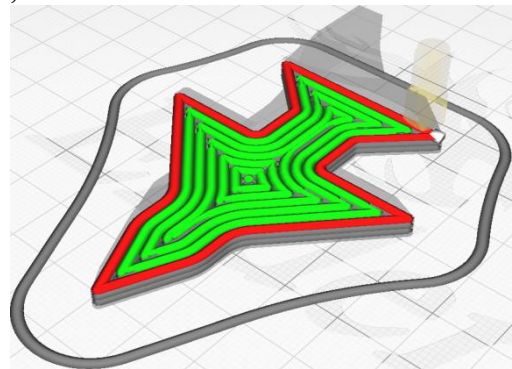
G1 X104.679 Y94.873 E569.66724
 G1 X104.85 Y94.46 E569.80063
 G1 X104.996 Y94.05 E569.93051
 G1 X105.155 Y93.557 E570.08509
 G1 X105.302 Y92.956 E570.26972
 G1 X105.37 Y92.641 E570.36589
 G1 X105.469 Y92.04 E570.54765
 G1 X105.522 Y91.521 E570.70334
 G1 X105.554 Y91.092 E570.83171
 G1 X105.565 Y90.628 E570.97022
 G1 X105.566 Y86.728 E572.13404
 G1 X105.575 Y86.511 E572.19885
 G1 X105.598 Y86.249 E572.27733
 G1 X105.632 Y86.004 E572.35115
 G1 X105.684 Y85.725 E572.43584
 G1 X105.729 Y85.538 E572.49323
 G1 X105.803 Y85.29 E572.57047
 G1 X105.887 Y85.05 E572.64635
 G1 X106.009 Y84.751 E572.74271
 G1 X107.153 Y82.203 E573.5762
 G1 X108.064 Y80.175 E574.23964
 G1 X108.975 Y82.203 E574.60046
 G1 X110.128 Y84.767 E575.4394
 G1 X110.237 Y85.037 E575.52629
 G1 X110.328 Y85.297 E575.6085
 G1 X110.389 Y85.504 E575.67289
 G1 X110.452 Y85.765 E575.75302
 G1 X110.5 Y86.013 E575.8284
 G1 X110.554 Y86.495 E575.97313
 G1 X110.564 Y86.743 E576.0472
 G1 X110.565 Y90.562 E577.18685
 G1 X110.591 Y91.28 E577.40125
 G1 X110.68 Y92.096 E577.6462
 G1 X110.832 Y92.9 E577.89038
 G1 X111.041 Y93.688 E578.13366
 G1 X111.309 Y94.461 E578.37781
 G1 X111.633 Y95.207 E578.62052
 G1 X112.007 Y95.924 E578.86184
 G1 X112.438 Y96.619 E579.10588
 G1 X112.92 Y97.28 E579.35001
 G1 X113.392 Y97.834 E579.56719
 G1 X122.683 Y107.992 E583.67524
 G1 X124.213 Y109.665 E584.35178
 G1 X121.945 Y109.665 E584.71898
 G1 X116.299 Y109.666 E586.40383
 G1 X115.38 Y109.749 E586.67919
 G1 X114.285 Y110.071 E587.01979
 G1 X113.239 Y110.602 E587.36985
 G1 X112.29 Y111.383 E587.73662
 G1 X111.544 Y112.283 E588.08546
 G1 X110.978 Y113.346 E588.44484
 G1 X110.657 Y114.452 E588.78851
 G1 X110.556 Y115.44 E589.08488
 G1 X110.565 Y115.743 E589.17534
 G1 X110.565 Y123.81 E591.58266

G1 X110.634 Y124.604 E591.82049
G1 X110.886 Y125.672 E592.14795
G1 X111.316 Y126.52 E592.43169
G1 X111.825 Y127.306 E592.71113
G1 X112.223 Y127.738 E592.88641
G1 X115.151 Y130.666 E593.66767
G0 X119.978 Y132.666
G1 X117.565 Y132.666 E594.38775
G1 X98.305 Y132.666 E600.13523
G1 X95.792 Y132.666 E600.88515
G1 X97.618 Y130.941 E601.2863
G1 X102.399 Y126.425 E603.24887
G1 X102.751 Y126.034 E603.40587
G1 X103.106 Y125.483 E603.60146
G1 X103.365 Y124.879 E603.79758
G1 X103.52 Y124.253 E603.99003
G1 X103.565 Y123.726 E604.14787
G1 X103.565 Y115.482 E606.608
G1 X103.499 Y114.844 E606.79941
G1 X103.298 Y114.145 E607.01645
G1 X103.117 Y113.77 E607.14071
G1 X102.81 Y113.221 E607.32842
G1 X102.37 Y112.761 E607.51838
G1 X101.87 Y112.35 E607.71152
G1 X101.306 Y112.013 E607.90759
G1 X100.692 Y111.805 E608.10104
G1 X100.056 Y111.685 E608.29418
G1 X99.712 Y111.665 E608.39701
G1 X89.646 Y111.665 E611.40086
G1 X87.378 Y111.665 E612.07767
G1 X88.908 Y109.992 E612.44459
G1 X101.369 Y96.367 E617.95451
G1 X101.613 Y96.086 E618.06557
G1 X101.859 Y95.772 E618.18461
G1 X102.046 Y95.517 E618.27897
G1 X102.29 Y95.144 E618.41198
G1 X102.521 Y94.744 E618.54982
G1 X102.773 Y94.236 E618.71904
G1 X102.842 Y94.082 E618.7694
G1 X102.983 Y93.741 E618.87952
G1 X103.102 Y93.408 E618.98504
G1 X103.229 Y93.012 E619.10914
G1 X103.353 Y92.508 E619.26403
G1 X103.404 Y92.269 E619.33696
G1 X103.486 Y91.774 E619.48669
G1 X103.53 Y91.345 E619.61538
G1 X103.556 Y90.995 E619.72011
G1 X103.565 Y90.605 E619.83652
G1 X103.566 Y86.696 E621.00303
G1 X103.579 Y86.375 E621.0989
G1 X103.61 Y86.028 E621.20286
G1 X103.658 Y85.679 E621.30799
G1 X103.727 Y85.309 E621.42031
G1 X103.799 Y85.013 E621.51121
G1 X103.9 Y84.673 E621.61706

G1 X104.016 Y84.341 E621.72201
G1 X104.166 Y83.972 E621.84087
G1 X107.153 Y77.323 E624.01606
G1 X108.064 Y75.295 E624.6795
G1 X108.975 Y77.323 E625.04032
G1 X111.971 Y83.989 E627.22124
G1 X112.109 Y84.331 E627.33129
G1 X112.233 Y84.686 E627.44351
G1 X112.322 Y84.985 E627.5366
G1 X112.409 Y85.347 E627.6477
G1 X112.472 Y85.677 E627.74796
G1 X112.52 Y86.024 E627.8525
G1 X112.55 Y86.362 E627.95376
G1 X112.564 Y86.713 E628.05858
G1 X112.565 Y90.526 E629.19644
G1 X112.587 Y91.135 E629.3783
G1 X112.66 Y91.801 E629.57823
G1 X112.784 Y92.458 E629.77775
G1 X112.955 Y93.103 E629.97688
G1 X113.174 Y93.734 E630.1762
G1 X113.439 Y94.345 E630.37494
G1 X113.746 Y94.933 E630.57289
G1 X114.098 Y95.501 E630.7723
G1 X114.492 Y96.041 E630.97177
G1 X114.892 Y96.511 E631.15595
G1 X127.222 Y109.992 E636.60778
G1 X128.752 Y111.665 E637.28432
G1 X126.484 Y111.665 E637.65152
G1 X116.389 Y111.666 E640.66403
G1 X115.756 Y111.723 E640.85369
G1 X115.026 Y111.938 E641.08079
G1 X114.34 Y112.286 E641.31033
G1 X113.708 Y112.806 E641.55456
G1 X113.214 Y113.402 E641.78557
G1 X112.841 Y114.103 E642.02253
G1 X112.628 Y114.836 E642.25032
G1 X112.559 Y115.513 E642.45339
G1 X112.565 Y115.719 E642.51489
G1 X112.565 Y123.723 E644.90341
G1 X112.614 Y124.286 E645.07205
G1 X112.778 Y124.981 E645.28515
G1 X113.052 Y125.522 E645.46612
G1 X113.411 Y126.076 E645.66311
G1 X113.666 Y126.353 E645.77547
G1 X116.564 Y129.252 E646.9987
G1 X118.272 Y130.96 E647.71952
G1 X119.978 Y132.666 E648.10682
G0 X122.3 Y133.628
G0 X124.781 Y134.641
;TYPE:WALL-OUTER
G1 X124.608 Y134.666 E648.15898
G1 X91.046 Y134.666 E658.1744
G1 X90.801 Y134.629 E658.24834
G1 X100.967 Y125.027 E662.42132
G1 X101.157 Y124.816 E662.50605

G1 X101.334 Y124.541 E662.60364
 G1 X101.463 Y124.24 E662.70137
 G1 X101.541 Y123.926 E662.79792
 G1 X101.565 Y123.642 E662.88297
 G1 X101.565 Y115.585 E665.2873
 G1 X101.528 Y115.226 E665.395
 G1 X101.423 Y114.861 E665.50834
 G1 X101.342 Y114.693 E665.564
 G1 X101.189 Y114.419 E665.65765
 G1 X101.008 Y114.23 E665.73574
 G1 X100.716 Y113.99 E665.84853
 G1 X100.463 Y113.839 E665.93646
 G1 X100.183 Y113.744 E666.02469
 G1 X99.812 Y113.674 E666.13736
 G1 X99.655 Y113.665 E666.18428
 G1 X82.838 Y113.665 E671.20274
 G1 X99.876 Y95.036 E678.73637
 G1 X100.07 Y94.813 E678.82458
 G1 X100.264 Y94.565 E678.91854
 G1 X100.401 Y94.378 E678.98772
 G1 X100.586 Y94.095 E679.08861
 G1 X100.758 Y93.798 E679.19103
 G1 X100.963 Y93.384 E679.32889
 G1 X101.005 Y93.29 E679.35962
 G1 X101.116 Y93.023 E679.4459
 G1 X101.207 Y92.766 E679.52726
 G1 X101.304 Y92.466 E679.62135
 G1 X101.403 Y92.062 E679.74548
 G1 X101.438 Y91.897 E679.79581
 G1 X101.503 Y91.507 E679.9138
 G1 X101.538 Y91.168 E680.0155
 G1 X101.558 Y90.899 E680.09599
 G1 X101.565 Y90.583 E680.19032
 G1 X101.566 Y86.666 E681.35921
 G1 X101.583 Y86.241 E681.48614
 G1 X101.622 Y85.802 E681.61766
 G1 X101.685 Y85.347 E681.75473
 G1 X101.769 Y84.9 E681.89046
 G1 X101.868 Y84.49 E682.01633
 G1 X101.999 Y84.049 E682.15361
 G1 X102.144 Y83.635 E682.28451
 G1 X102.321 Y83.198 E682.42521
 G1 X108.064 Y70.416 E686.60688
 G1 X113.808 Y83.198 E690.78867
 G1 X113.987 Y83.641 E690.93125
 G1 X114.134 Y84.061 E691.06404
 G1 X114.257 Y84.478 E691.19378
 G1 X114.363 Y84.919 E691.32913
 G1 X114.447 Y85.358 E691.46251
 G1 X114.507 Y85.79 E691.59267
 G1 X114.546 Y86.238 E691.72686
 G1 X114.564 Y86.681 E691.85917
 G1 X114.565 Y90.49 E692.99583
 G1 X114.583 Y90.989 E693.14484
 G1 X114.64 Y91.506 E693.30006

G1 X114.736 Y92.016 E693.45492
 G1 X114.869 Y92.518 E693.60989
 G1 X115.039 Y93.007 E693.76439
 G1 X115.245 Y93.483 E693.91916
 G1 X115.485 Y93.942 E694.07373
 G1 X115.758 Y94.383 E694.22851
 G1 X116.064 Y94.802 E694.38334
 G1 X116.392 Y95.188 E694.5345
 G1 X133.291 Y113.664 E702.00645
 G1 X116.478 Y113.666 E707.02371
 G1 X116.131 Y113.697 E707.12767
 G1 X115.768 Y113.804 E707.2406
 G1 X115.441 Y113.97 E707.35004
 G1 X115.126 Y114.229 E707.47173
 G1 X114.884 Y114.521 E707.58491
 G1 X114.704 Y114.86 E707.69945
 G1 X114.599 Y115.22 E707.81135
 G1 X114.562 Y115.587 E707.92142
 G1 X114.565 Y115.699 E707.95486
 G1 X114.565 Y123.636 E710.32338
 G1 X114.594 Y123.968 E710.42283
 G1 X114.67 Y124.29 E710.52156
 G1 X114.788 Y124.523 E710.5995
 G1 X114.998 Y124.847 E710.71472
 G1 X115.11 Y124.969 E710.76414
 G1 X124.781 Y134.641 E714.84574
 ;MESH:NONMESH
 G0 F120 X124.781 Y134.641 Z4.8
 G0 F600 X122.3 Y133.628
 G0 X114.174 Y125.485
 G0 X113.736 Y124.733
 G0 X108.037 Y106.304
 ;TIME_ELAPSED:288.852340
 ;LAYER:3



;TYPE:WALL-INNER
 ;MESH:plane.3mf
 G1 X106.848 Y105.317 E715.30688
 G1 X105.52 Y104.561 E715.76289
 G1 X107.771 Y102.081 E716.76235
 G1 X108.064 Y101.744 E716.89562
 G1 X108.368 Y102.091 E716.9464
 G1 X110.618 Y104.571 E717.94567
 G1 X109.757 Y105.006 E718.23353
 G1 X108.037 Y106.304 E718.87656

G0 X108.045 Y109.274
 G1 X107.163 Y108.177 E719.29661
 G1 X105.706 Y106.968 E719.8616
 G1 X104.303 Y106.169 E720.34341
 G1 X102.599 Y105.539 E720.88555
 G1 X102.019 Y105.441 E721.06108
 G1 X106.276 Y100.752 E722.95099
 G1 X106.704 Y100.26 E723.14559
 G1 X107.233 Y99.58 E723.40269
 G1 X107.779 Y98.769 E723.69444
 G1 X108.065 Y98.275 E723.86478
 G1 X108.346 Y98.762 E723.90689
 G1 X108.892 Y99.572 E724.09111
 G1 X109.443 Y100.283 E724.35953
 G1 X109.861 Y100.761 E724.54902
 G1 X114.086 Y105.417 E726.42522
 G1 X114.001 Y105.427 E726.45076
 G1 X112.308 Y105.957 E726.98016
 G1 X110.819 Y106.71 E727.47809
 G1 X109.316 Y107.844 E728.03995
 G1 X108.045 Y109.274 E728.36188
 G0 X109.634 Y128.666
 G1 X106.499 Y128.666 E729.29741
 G1 X106.796 Y128.301 E729.43784
 G1 X107.514 Y126.809 E729.93194
 G1 X107.892 Y125.411 E730.36411
 G1 X107.986 Y124.275 E730.70427
 G1 X107.986 Y114.786 E733.53593
 G1 X107.81 Y113.403 E733.95197
 G1 X107.403 Y112.127 E734.35165
 G1 X106.716 Y110.813 E734.79413
 G1 X105.731 Y109.587 E735.26344
 G1 X104.564 Y108.619 E735.7159
 G1 X103.456 Y107.988 E736.0964
 G1 X102.081 Y107.48 E736.53383
 G1 X100.918 Y107.283 E736.88583
 G1 X100.254 Y107.243 E737.08434
 G1 X97.681 Y107.243 E737.85216
 G1 X104.781 Y99.424 E741.0039
 G1 X105.158 Y98.99 E741.17545
 G1 X105.612 Y98.406 E741.39619
 G1 X106.082 Y97.708 E741.64731
 G1 X106.505 Y96.978 E741.89908
 G1 X106.874 Y96.225 E742.14932
 G1 X107.2 Y95.44 E742.40297
 G1 X107.492 Y94.559 E742.67994
 G1 X107.627 Y94.043 E742.8391
 G1 X107.733 Y93.595 E742.97649
 G1 X107.883 Y92.749 E743.23288
 G1 X107.988 Y91.793 E743.51988
 G1 X107.997 Y91.314 E743.66285
 G1 X108.006 Y91.04 E743.74466
 G1 X108.005 Y88.281 E744.56799
 G1 X108.007 Y86.79 E745.01293
 G1 X108.034 Y86.368 E745.13912

G1 X108.065 Y86.189 E745.19333
 G1 X108.116 Y86.584 E745.23143
 G1 X108.122 Y86.834
 G1 X108.122 Y91.029 E745.98465
 G1 X108.146 Y91.816 E746.05284
 G1 X108.242 Y92.738 E746.0853
 G1 X108.403 Y93.639 E746.16467
 G1 X108.628 Y94.534 E746.32848
 G1 X108.931 Y95.443 E746.53597
 G1 X109.259 Y96.234 E746.7915
 G1 X109.629 Y96.982 E747.04053
 G1 X110.044 Y97.703 E747.28879
 G1 X110.514 Y98.4 E747.53965
 G1 X110.987 Y99.011 E747.77024
 G1 X111.354 Y99.43 E747.93645
 G1 X114.549 Y102.953 E749.35572
 G1 X116.93 Y105.574 E750.41241
 G1 X118.448 Y107.245 E751.0861
 G1 X115.738 Y107.245 E751.55566
 G1 X114.415 Y107.393 E751.95293
 G1 X113.063 Y107.816 E752.37567
 G1 X111.881 Y108.414 E752.77097
 G1 X110.679 Y109.321 E753.22032
 G1 X109.605 Y110.529 E753.70268
 G1 X108.784 Y111.966 E754.19656
 G1 X108.293 Y113.501 E754.44001
 G1 X108.143 Y114.815 E754.51608
 G1 X108.143 Y124.327 E754.75896
 G1 X108.255 Y125.508 E754.83466
 G1 X108.637 Y126.86 E754.99449
 G1 X109.318 Y128.268 E755.46123
 G1 X109.634 Y128.666 E755.61288
 G0 X114.316 Y130.666
 G1 X111.903 Y130.666 E756.33296
 G1 X103.724 Y130.666 E758.7737
 G1 X101.725 Y130.666 E759.37023
 G1 X102.002 Y130.404
 G1 X104.37 Y128.112 E760.35367
 G1 X105.096 Y127.221 E760.69665
 G1 X105.632 Y126.108 E761.0653
 G1 X105.914 Y125.065 E761.38772
 G1 X105.986 Y124.193 E761.64882
 G1 X105.986 Y114.913 E764.41812
 G1 X105.849 Y113.837 E764.74181
 G1 X105.55 Y112.9 E765.03531
 G1 X105.034 Y111.913 E765.36767
 G1 X104.298 Y110.997 E765.71833
 G1 X103.422 Y110.27 E766.05803
 G1 X102.609 Y109.807 E766.33723
 G1 X101.563 Y109.421 E766.66995
 G1 X100.69 Y109.273 E766.93418
 G1 X100.194 Y109.243 E767.08247
 G1 X95.419 Y109.244 E768.5074
 G1 X93.162 Y109.244 E769.18093
 G1 X95.269 Y106.923 E769.7476

G1 X103.286 Y98.095 E773.30621
 G1 X103.613 Y97.719 E773.45491
 G1 X103.991 Y97.233 E773.63864
 G1 X104.385 Y96.647 E773.84936
 G1 X104.74 Y96.035 E774.06049
 G1 X105.051 Y95.401 E774.27123
 G1 X105.324 Y94.742 E774.48409
 G1 X105.573 Y93.991 E774.7202
 G1 X105.686 Y93.558 E774.85374
 G1 X105.774 Y93.189 E774.96694
 G1 X105.902 Y92.465 E775.18635
 G1 X105.99 Y91.664 E775.42681
 G1 X105.998 Y91.247 E775.55128
 G1 X106.006 Y91.007 E775.62294
 G1 X106.005 Y88.278 E776.43731
 G1 X106.007 Y86.775 E776.88583
 G1 X106.018 Y86.409 E776.9951
 G1 X106.052 Y86.094 E777.08965
 G1 X106.089 Y85.858 E777.16093
 G1 X106.16 Y85.553 E777.25438
 G1 X106.267 Y85.208 E777.36217
 G1 X106.349 Y84.991 E777.4314
 G1 X106.451 Y84.746 E777.5106
 G1 X108.064 Y81.155 E778.68535
 G1 X109.677 Y84.747 E779.32442
 G1 X109.772 Y84.975 E779.39813
 G1 X109.879 Y85.254 E779.4873
 G1 X109.97 Y85.551 E779.57999
 G1 X110.031 Y85.81 E779.6594
 G1 X110.084 Y86.134 E779.75737
 G1 X110.115 Y86.474 E779.85925
 G1 X110.122 Y86.79 E779.95357
 G1 X110.122 Y90.998 E781.20931
 G1 X110.143 Y91.681 E781.41322
 G1 X110.224 Y92.458 E781.64634
 G1 X110.36 Y93.219 E781.87704
 G1 X110.549 Y93.973 E782.109
 G1 X110.806 Y94.743 E782.35124
 G1 X111.081 Y95.407 E782.56571
 G1 X111.393 Y96.038 E782.77577
 G1 X111.742 Y96.643 E782.9842
 G1 X112.136 Y97.228 E783.19468
 G1 X112.532 Y97.74 E783.38783
 G1 X112.847 Y98.1 E783.53058
 G1 X116.03 Y101.609 E784.94435
 G1 X121.449 Y107.574 E787.34926
 G1 X122.966 Y109.244 E788.02253
 G1 X120.709 Y109.244 E788.38824
 G1 X115.849 Y109.245 E789.83854
 G1 X114.828 Y109.359 E790.14512
 G1 X113.818 Y109.675 E790.46092
 G1 X112.943 Y110.118 E790.75359
 G1 X112.042 Y110.798 E791.09045
 G1 X111.238 Y111.702 E791.45147
 G1 X110.625 Y112.775 E791.82024

G1 X110.258 Y113.923 E792.1799
 G1 X110.143 Y114.929 E792.48206
 G1 X110.143 Y124.232 E795.25822
 G1 X110.229 Y125.139 E795.5301
 G1 X110.514 Y126.147 E795.8427
 G1 X111.022 Y127.197 E796.19078
 G1 X111.702 Y128.052 E796.51678
 G1 X114.316 Y130.666 E797.19715
 G0 X119.145 Y132.666
 G1 X116.732 Y132.666 E797.91723
 G1 X96.784 Y132.666 E803.87002
 G1 X97.855 Y131.629 E804.31489
 G1 X98.07 Y131.424 E804.40354
 G1 X100.393 Y129.172 E805.36904
 G1 X100.62 Y128.958 E805.46214
 G1 X102.894 Y126.757 E806.40654
 G1 X103.397 Y126.14 E806.64409
 G1 X103.75 Y125.407 E806.88687
 G1 X103.936 Y124.719 E807.09956
 G1 X103.986 Y124.111 E807.2816
 G1 X103.986 Y115.04 E809.98853
 G1 X103.888 Y114.271 E810.21987
 G1 X103.697 Y113.673 E810.4072
 G1 X103.352 Y113.013 E810.62944
 G1 X102.865 Y112.407 E810.86144
 G1 X102.28 Y111.921 E811.0884
 G1 X101.763 Y111.627 E811.26588
 G1 X101.045 Y111.362 E811.49427
 G1 X100.461 Y111.263 E811.67103
 G1 X100.133 Y111.243 E811.76909
 G1 X90.9 Y111.244 E814.52436
 G1 X88.641 Y111.244 E815.19848
 G1 X90.16 Y109.573 E815.56415
 G1 X93.79 Y105.579 E817.17474
 G1 X101.791 Y96.766 E820.72682
 G1 X102.068 Y96.448 E820.85267
 G1 X102.369 Y96.06 E820.99922
 G1 X102.688 Y95.586 E821.16971
 G1 X102.975 Y95.091 E821.34046
 G1 X103.228 Y94.576 E821.51169
 G1 X103.449 Y94.043 E821.68388
 G1 X103.654 Y93.425 E821.87818
 G1 X103.745 Y93.074 E821.98639
 G1 X103.815 Y92.782 E822.07599
 G1 X103.921 Y92.182 E822.25781
 G1 X103.992 Y91.535 E822.45205
 G1 X103.999 Y91.179 E822.5583
 G1 X104.006 Y90.973 E822.61981
 G1 X104.005 Y88.275 E823.42494
 G1 X104.007 Y86.746 E823.88122
 G1 X104.021 Y86.287 E824.01825
 G1 X104.048 Y86 E824.10428
 G1 X104.076 Y85.784 E824.16927
 G1 X104.123 Y85.484 E824.25989
 G1 X104.218 Y85.072 E824.38606

G1 X104.283 Y84.839 E824.45825
G1 X104.379 Y84.546 E824.55026
G1 X104.483 Y84.27 E824.63827
G1 X104.605 Y83.977 E824.73299
G1 X107.153 Y78.304 E826.58882
G1 X108.064 Y76.274 E827.2528
G1 X108.975 Y78.304 E827.61389
G1 X109.887 Y80.335 E828.27827
G1 X111.523 Y83.977 E829.46972
G1 X111.629 Y84.231 E829.55185
G1 X111.77 Y84.601 E829.67001
G1 X111.9 Y85.025 E829.80236
G1 X111.988 Y85.393 E829.91527
G1 X112.026 Y85.597 E829.97719
G1 X112.068 Y85.876 E830.06139
G1 X112.1 Y86.177 E830.15172
G1 X112.115 Y86.415 E830.22288
G1 X112.122 Y86.748 E830.32228
G1 X112.122 Y90.967 E831.58129
G1 X112.14 Y91.546 E831.75416
G1 X112.206 Y92.178 E831.94378
G1 X112.317 Y92.799 E832.13203
G1 X112.471 Y93.413 E832.32094
G1 X112.681 Y94.044 E832.51939
G1 X112.903 Y94.58 E832.69252
G1 X113.157 Y95.093 E832.86334
G1 X113.44 Y95.583 E833.0322
G1 X113.759 Y96.057 E833.2027
G1 X114.077 Y96.469 E833.35801
G1 X114.34 Y96.769 E833.47707
G1 X117.511 Y100.265 E834.88555
G1 X125.967 Y109.573 E838.63827
G1 X127.484 Y111.243 E839.31154
G1 X125.227 Y111.243 E839.67725
G1 X115.96 Y111.245 E842.44267
G1 X115.241 Y111.325 E842.65855
G1 X114.574 Y111.534 E842.86714
G1 X114.006 Y111.822 E843.05718
G1 X113.404 Y112.276 E843.28219
G1 X112.871 Y112.875 E843.52146
G1 X112.466 Y113.584 E843.76512
G1 X112.223 Y114.345 E844.00351
G1 X112.143 Y115.043 E844.21317
G1 X112.143 Y124.137 E846.92696
G1 X112.203 Y124.769 E847.1164
G1 X112.391 Y125.434 E847.32263
G1 X112.726 Y126.126 E847.55206
G1 X113.197 Y126.719 E847.77805
G1 X117.439 Y130.96 E849.56806
G1 X119.145 Y132.666 E849.95536
G0 X121.467 Y133.628
G0 X123.949 Y134.642
;TYPE:WALL-OUTER
G1 X123.785 Y134.666 E850.00482
G1 X92.084 Y134.666 E859.46489

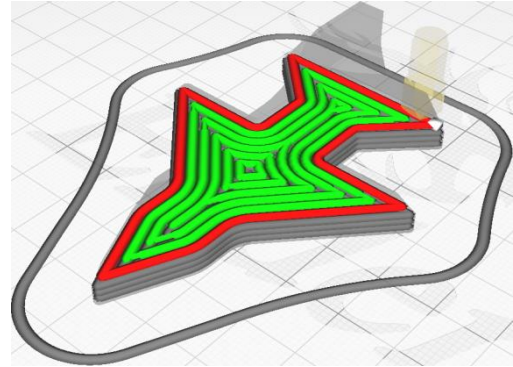
G1 X91.869 Y134.633 E859.5298
G1 X94.134 Y132.448 E860.46895
G1 X96.463 Y130.192 E861.43656
G1 X96.685 Y129.981 E861.52796
G1 X99.023 Y127.715 E862.49958
G1 X99.24 Y127.511 E862.58845
G1 X101.418 Y125.403 E863.49297
G1 X101.697 Y125.06 E863.62491
G1 X101.868 Y124.705 E863.7425
G1 X101.958 Y124.373 E863.84515
G1 X101.986 Y124.03 E863.94785
G1 X101.986 Y115.167 E866.5927
G1 X101.927 Y114.706 E866.7314
G1 X101.844 Y114.446 E866.81284
G1 X101.67 Y114.113 E866.92496
G1 X101.432 Y113.817 E867.0383
G1 X101.137 Y113.572 E867.15274
G1 X100.916 Y113.446 E867.22865
G1 X100.528 Y113.303 E867.35205
G1 X100.232 Y113.253 E867.44163
G1 X100.071 Y113.243 E867.48977
G1 X84.12 Y113.244 E872.2498
G1 X92.31 Y104.234 E875.88332
G1 X100.297 Y95.436 E879.42928
G1 X100.523 Y95.177 E879.53186
G1 X100.747 Y94.888 E879.64097
G1 X100.991 Y94.525 E879.7715
G1 X101.211 Y94.146 E879.90227
G1 X101.405 Y93.752 E880.03333
G1 X101.573 Y93.345 E880.16472
G1 X101.735 Y92.858 E880.31788
G1 X101.804 Y92.591 E880.40017
G1 X101.856 Y92.374 E880.46676
G1 X101.94 Y91.899 E880.61071
G1 X101.994 Y91.406 E880.75871
G1 X102 Y91.108 E880.84765
G1 X102.006 Y90.938 E880.89842
G1 X102.005 Y88.272 E881.69399
G1 X102.007 Y86.717 E882.15803
G1 X102.011 Y86.439 E882.241
G1 X102.025 Y86.153 E882.32645
G1 X102.06 Y85.784 E882.43706
G1 X102.093 Y85.523 E882.51556
G1 X102.157 Y85.118 E882.63792
G1 X102.219 Y84.823 E882.72788
G1 X102.28 Y84.574 E882.80438
G1 X102.372 Y84.248 E882.90546
G1 X102.49 Y83.886 E883.01908
G1 X102.621 Y83.538 E883.13004
G1 X102.759 Y83.207 E883.23706
G1 X108.065 Y71.392 E887.10206
G1 X113.36 Y83.185 E890.95973
G1 X113.486 Y83.488 E891.05766
G1 X113.572 Y83.703 E891.12676
G1 X113.668 Y83.969 E891.21115

```

G1 X113.748 Y84.219 E891.28948
G1 X113.833 Y84.509 E891.37966
G1 X113.896 Y84.762 E891.45747
G1 X113.948 Y84.996 E891.529
G1 X113.997 Y85.259 E891.60884
G1 X114.053 Y85.628 E891.72021
G1 X114.093 Y86.009 E891.83453
G1 X114.114 Y86.344 E891.9347
G1 X114.122 Y86.704 E892.04215
G1 X114.122 Y90.935 E893.30475
G1 X114.137 Y91.41 E893.44657
G1 X114.188 Y91.898 E893.59299
G1 X114.274 Y92.379 E893.7388
G1 X114.393 Y92.854 E893.88493
G1 X114.556 Y93.345 E894.03932
G1 X114.725 Y93.753 E894.1711
G1 X114.92 Y94.147 E894.30229
G1 X115.138 Y94.523 E894.43199
G1 X115.382 Y94.887 E894.56276
G1 X115.622 Y95.197 E894.67975
G1 X115.833 Y95.438 E894.77534
G1 X118.992 Y98.921 E896.17854
G1 X124.356 Y104.824 E898.55873
G1 X129.883 Y110.911 E901.01227
G1 X132.009 Y113.244 E901.95418
G1 X124.895 Y113.243 E904.07711
G1 X116.07 Y113.245 E906.71063
G1 X115.655 Y113.291 E906.83523
G1 X115.331 Y113.393 E906.93659
G1 X115.068 Y113.526 E907.02454
G1 X114.766 Y113.754 E907.13746
G1 X114.504 Y114.048 E907.25498
G1 X114.308 Y114.392 E907.37313
G1 X114.188 Y114.768 E907.49091
G1 X114.143 Y115.158 E907.60806
G1 X114.143 Y124.042 E910.25918
G1 X114.177 Y124.399 E910.3662
G1 X114.268 Y124.721 E910.46605
G1 X114.43 Y125.056 E910.5771
G1 X114.692 Y125.386 E910.70284
G1 X123.949 Y134.642 E914.6093
;MESH:NONMESH
G0 F120 X123.949 Y134.642 Z6
G0 F600 X121.467 Y133.628
G0 X113.915 Y126.079
G0 X113.545 Y125.612
G0 X113.293 Y125.091
G0 X109.05 Y104.306
G0 X108.354 Y102.851
;TIME_ELAPSED:367.098750

```

```
;LAYER:4
```



```
;TYPE:WALL-INNER
```

```
;MESH:plane.3mf
```

```

G1 X107.777 Y102.851 E914.78148
G1 X108.065 Y102.531 E914.78324
G1 X108.354 Y102.851 E914.78889
G0 X112.85 Y104.85
G1 X110.604 Y104.85 E915.45913
G1 X106.317 Y104.851 E916.73844
G1 X106.29 Y106.768 E917.31056
G1 X105.484 Y106.168 E917.37036
G1 X103.446 Y105.263 E918.03579
G1 X102.989 Y105.173 E918.17479
G1 X106.659 Y101.104 E919.80998
G1 X107.121 Y100.573 E920.02002
G1 X107.648 Y99.873 E920.28149
G1 X108.065 Y99.251 E920.50496
G1 X108.48 Y99.866 E920.57327
G1 X108.934 Y100.473 E920.71438
G1 X109.387 Y101.01 E920.92403
G1 X111.346 Y103.182 E921.79688
G1 X112.85 Y104.85 E922.1608
G0 X108.063 Y112.581
G1 X107.665 Y111.434 E922.52311
G1 X106.839 Y110.032 E923.0087
G1 X105.796 Y108.893 E923.46957
G1 X104.469 Y107.906 E923.96309
G1 X102.839 Y107.182 E924.49533
G1 X101.363 Y106.891 E924.94427
G1 X100.603 Y106.852 E925.17137
G1 X98.78 Y106.852 E925.71538
G1 X105.162 Y99.777 E928.55873
G1 X105.566 Y99.313 E928.74232
G1 X106.017 Y98.714 E928.96607
G1 X106.46 Y98.053 E929.20353
G1 X106.883 Y97.323 E929.4553
G1 X107.251 Y96.574 E929.70434
G1 X107.576 Y95.79 E929.9576
G1 X107.879 Y94.881 E930.24353
G1 X108.065 Y94.149 E930.46891
G1 X108.244 Y94.854 E930.49007
G1 X108.458 Y95.511 E930.52621
G1 X108.571 Y95.838 E930.52728
G1 X108.873 Y96.566 E930.67533

```

G1 X109.256 Y97.345 E930.93438
 G1 X109.7 Y98.099 E931.19549
 G1 X110.11 Y98.706 E931.41408
 G1 X110.501 Y99.228 E931.60871
 G1 X110.895 Y99.696 E931.79127
 G1 X115.842 Y105.182 E933.99569
 G1 X117.346 Y106.85 E934.66591
 G1 X115.1 Y106.85 E935.02998
 G1 X108.289 Y106.851 E937.06249
 G1 X108.244 Y110.051 E938.01751
 G1 X108.215 Y112.055 E938.38529
 G1 X108.154 Y112.186
 G1 X108.063 Y112.581
 G0 X108.969 Y128.666
 G1 X107.167 Y128.666 E938.92303
 G1 X107.74 Y127.592 E939.05613
 G1 X108.066 Y126.618 E939.36263
 G1 X108.26 Y127.276
 G1 X108.851 Y128.502 E939.54336
 G1 X108.969 Y128.666
 G0 X113.528 Y130.666
 G1 X111.115 Y130.666 E940.26344
 G1 X102.578 Y130.666 E942.81101
 G1 X103.431 Y129.815 E943.17058
 G1 X104.826 Y128.444 E943.75426
 G1 X105.44 Y127.654 E944.05284
 G1 X105.897 Y126.798 E944.3424
 G1 X106.224 Y125.821 E944.64985
 G1 X106.341 Y125.089 E944.87107
 G1 X106.38 Y124.618 E945.0121
 G1 X106.378 Y114.45 E948.04639
 G1 X106.233 Y113.407 E948.36063
 G1 X105.841 Y112.278 E948.71727
 G1 X105.222 Y111.228 E949.081
 G1 X104.45 Y110.384 E949.42234
 G1 X103.454 Y109.644 E949.79261
 G1 X102.232 Y109.101 E950.19166
 G1 X101.117 Y108.881 E950.53081
 G1 X100.552 Y108.852 E950.69963
 G1 X96.527 Y108.851 E951.90076
 G1 X94.278 Y108.851 E952.57189
 G1 X95.786 Y107.183 E952.93621
 G1 X98.206 Y104.504 E954.01355
 G1 X103.665 Y98.45 E956.44616
 G1 X104.011 Y98.053 E956.60331
 G1 X104.386 Y97.555 E956.78935
 G1 X104.762 Y96.994 E956.99088
 G1 X105.118 Y96.379 E957.20294
 G1 X105.428 Y95.749 E957.41247
 G1 X105.701 Y95.09 E957.62533
 G1 X105.959 Y94.317 E957.86851
 G1 X106.156 Y93.542 E958.10714
 G1 X106.288 Y92.77 E958.34086
 G1 X106.367 Y92.026 E958.56413
 G1 X106.385 Y91.569 E958.70061

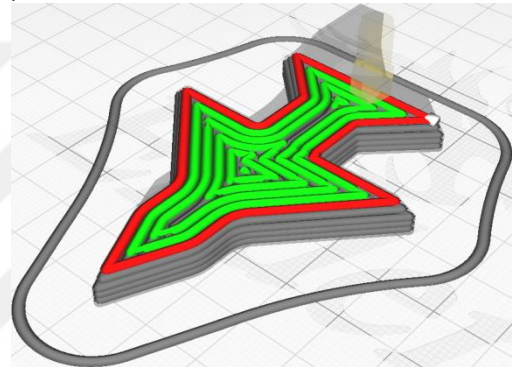
G1 X106.391 Y91.293 E958.78299
 G1 X106.393 Y86.669 E960.16287
 G1 X106.399 Y86.445 E960.22974
 G1 X106.426 Y86.155 E960.31665
 G1 X106.47 Y85.877 E960.40064
 G1 X106.546 Y85.543 E960.50286
 G1 X106.647 Y85.215 E960.60528
 G1 X106.81 Y84.807 E960.73639
 G1 X108.065 Y82.009 E961.6515
 G1 X109.3 Y84.763 E962.13795
 G1 X109.435 Y85.087 E962.2427
 G1 X109.538 Y85.388 E962.33763
 G1 X109.615 Y85.668 E962.42429
 G1 X109.67 Y85.932 E962.50477
 G1 X109.721 Y86.315 E962.62007
 G1 X109.734 Y86.734 E962.74516
 G1 X109.738 Y86.817 E962.76996
 G1 X109.737 Y91.323 E964.11462
 G1 X109.761 Y92.012 E964.32036
 G1 X109.841 Y92.779 E964.55048
 G1 X109.976 Y93.548 E964.78347
 G1 X110.166 Y94.298 E965.01435
 G1 X110.354 Y94.875 E965.19545
 G1 X110.441 Y95.127 E965.27501
 G1 X110.696 Y95.74 E965.47313
 G1 X111.018 Y96.396 E965.6912
 G1 X111.392 Y97.031 E965.91112
 G1 X111.74 Y97.546 E966.0966
 G1 X112.068 Y97.984 E966.2599
 G1 X112.403 Y98.382 E966.41514
 G1 X117.934 Y104.517 E968.8801
 G1 X120.341 Y107.182 E969.95173
 G1 X121.848 Y108.85 E970.62255
 G1 X119.599 Y108.85 E970.98714
 G1 X110.261 Y108.851 E973.77375
 G1 X110.209 Y112.509 E974.86546
 G1 X110.056 Y112.838 E974.97374
 G1 X109.796 Y113.971 E975.32063
 G1 X109.75 Y114.619 E975.51449
 G1 X109.751 Y124.698 E978.52222
 G1 X109.864 Y125.645 E978.80682
 G1 X110.132 Y126.554 E979.08963
 G1 X110.577 Y127.477 E979.39541
 G1 X111.182 Y128.32 E979.70505
 G1 X113.528 Y130.666 E980.29925
 G0 X118.356 Y132.666
 G1 X115.944 Y132.666 E981.01903
 G1 X97.715 Y132.666 E986.45885
 G1 X99.077 Y131.311 E987.03217
 G1 X100.835 Y129.58 E987.76841
 G1 X102.029 Y128.388 E988.27189
 G1 X103.329 Y127.111 E988.81568
 G1 X103.756 Y126.561 E989.02347
 G1 X104.054 Y126.004 E989.21198
 G1 X104.275 Y125.343 E989.41997

G1 X104.354 Y124.848 E989.56955
G1 X104.38 Y124.535 E989.66328
G1 X104.378 Y114.589 E992.63132
G1 X104.279 Y113.877 E992.84583
G1 X104.017 Y113.122 E993.08432
G1 X103.605 Y112.423 E993.32645
G1 X103.104 Y111.875 E993.54802
G1 X102.44 Y111.382 E993.79481
G1 X101.625 Y111.02 E994.06093
G1 X100.871 Y110.871 E994.29029
G1 X100.501 Y110.852 E994.40085
G1 X89.778 Y110.851 E997.60076
G1 X91.324 Y109.137 E998.28957
G1 X96.721 Y103.164 E1000.69185
G1 X102.168 Y97.124 E1003.11897
G1 X102.456 Y96.793 E1003.2499
G1 X102.755 Y96.396 E1003.39821
G1 X103.064 Y95.935 E1003.56383
G1 X103.353 Y95.436 E1003.73591
G1 X103.605 Y94.923 E1003.90647
G1 X103.827 Y94.389 E1004.07904
G1 X104.039 Y93.754 E1004.27882
G1 X104.198 Y93.127 E1004.47185
G1 X104.306 Y92.496 E1004.66289
G1 X104.371 Y91.881 E1004.84743
G1 X104.386 Y91.508 E1004.95883
G1 X104.391 Y91.271 E1005.02957
G1 X104.393 Y86.668 E1006.40318
G1 X104.402 Y86.322 E1006.50647
G1 X104.441 Y85.908 E1006.63056
G1 X104.507 Y85.491 E1006.75655
G1 X104.606 Y85.053 E1006.89055
G1 X104.675 Y84.81 E1006.96593
G1 X104.761 Y84.547 E1007.0485
G1 X104.868 Y84.263 E1007.13907
G1 X104.985 Y83.989 E1007.22798
G1 X107.154 Y79.154 E1008.80935
G1 X108.065 Y77.122 E1009.47388
G1 X108.976 Y79.155 E1009.83531
G1 X111.125 Y83.945 E1011.40199
G1 X111.311 Y84.39 E1011.54592
G1 X111.448 Y84.791 E1011.67237
G1 X111.557 Y85.186 E1011.79465
G1 X111.615 Y85.452 E1011.8759
G1 X111.644 Y85.608 E1011.92325
G1 X111.686 Y85.891 E1012.00862
G1 X111.714 Y86.148 E1012.08577
G1 X111.732 Y86.43 E1012.17009
G1 X111.734 Y86.68 E1012.2447
G1 X111.738 Y86.766 E1012.27039
G1 X111.737 Y91.289 E1013.62013
G1 X111.757 Y91.873 E1013.7945
G1 X111.823 Y92.502 E1013.98324
G1 X111.933 Y93.129 E1014.1732
G1 X112.088 Y93.742 E1014.36189

G1 X112.249 Y94.236 E1014.51694
G1 X112.311 Y94.414 E1014.57318
G1 X112.519 Y94.915 E1014.73506
G1 X112.78 Y95.447 E1014.9119
G1 X113.084 Y95.963 E1015.09061
G1 X113.369 Y96.385 E1015.24257
G1 X113.635 Y96.739 E1015.37471
G1 X113.912 Y97.069 E1015.50328
G1 X119.419 Y103.177 E1017.95746
G1 X123.331 Y107.51 E1019.69952
G1 X124.841 Y109.181 E1020.37161
G1 X126.348 Y110.85 E1021.04265
G1 X124.099 Y110.85 E1021.40717
G1 X112.233 Y110.851 E1024.94817
G1 X112.203 Y112.965 E1025.57908
G1 X111.958 Y113.491 E1025.75224
G1 X111.78 Y114.267 E1025.98982
G1 X111.75 Y114.69 E1026.11637
G1 X111.751 Y124.579 E1029.0674
G1 X111.83 Y125.241 E1029.26635
G1 X112.004 Y125.832 E1029.4502
G1 X112.303 Y126.451 E1029.65534
G1 X112.712 Y127.021 E1029.8647
G1 X116.651 Y130.961 E1031.52726
G1 X118.356 Y132.666 E1031.91434
G0 X120.678 Y133.628
G0 X123.164 Y134.646
;TYPE:WALL-OUTER
G1 X123.033 Y134.666 E1031.95389
G1 X93.071 Y134.666 E1040.89501
G1 X92.872 Y134.637 E1040.95502
G1 X95.642 Y131.907 E1042.11562
G1 X97.674 Y129.885 E1042.97106
G1 X99.427 Y128.16 E1043.70498
G1 X100.615 Y126.973 E1044.20614
G1 X101.832 Y125.778 E1044.71512
G1 X102.073 Y125.468 E1044.83229
G1 X102.211 Y125.21 E1044.91961
G1 X102.326 Y124.866 E1045.02785
G1 X102.367 Y124.608 E1045.1058
G1 X102.38 Y124.452 E1045.15252
G1 X102.378 Y114.728 E1048.05431
G1 X102.325 Y114.347 E1048.1691
G1 X102.193 Y113.966 E1048.28943
G1 X101.988 Y113.619 E1048.4097
G1 X101.757 Y113.366 E1048.51193
G1 X101.426 Y113.12 E1048.635
G1 X101.018 Y112.939 E1048.7682
G1 X100.624 Y112.861 E1048.88806
G1 X100.449 Y112.852 E1048.94035
G1 X85.28 Y112.85 E1053.46701
G1 X89.84 Y107.796 E1055.49835
G1 X95.236 Y101.824 E1057.90021
G1 X100.671 Y95.797 E1060.32205
G1 X100.901 Y95.533 E1060.42654

G1 X101.124 Y95.237 E1060.53713
 G1 X101.366 Y94.876 E1060.66682
 G1 X101.588 Y94.493 E1060.79893
 G1 X101.782 Y94.097 E1060.93052
 G1 X101.953 Y93.687 E1061.06309
 G1 X102.118 Y93.191 E1061.21908
 G1 X102.24 Y92.711 E1061.36687
 G1 X102.324 Y92.222 E1061.51493
 G1 X102.375 Y91.735 E1061.66105
 G1 X102.387 Y91.446 E1061.74737
 G1 X102.391 Y91.25 E1061.80587
 G1 X102.393 Y86.647 E1063.17948
 G1 X102.395 Y86.452 E1063.23767
 G1 X102.406 Y86.198 E1063.31354
 G1 X102.427 Y85.928 E1063.39436
 G1 X102.461 Y85.626 E1063.48505
 G1 X102.495 Y85.387 E1063.55709
 G1 X102.548 Y85.088 E1063.64771
 G1 X102.597 Y84.85 E1063.72022
 G1 X102.669 Y84.554 E1063.81112
 G1 X102.765 Y84.215 E1063.91627
 G1 X102.871 Y83.891 E1064.01799
 G1 X103.011 Y83.52 E1064.13633
 G1 X103.16 Y83.17 E1064.24984
 G1 X108.065 Y72.235 E1067.82627
 G1 X112.968 Y83.167 E1071.40163
 G1 X113.117 Y83.52 E1071.51597
 G1 X113.182 Y83.682 E1071.56806
 G1 X113.275 Y83.942 E1071.65046
 G1 X113.36 Y84.204 E1071.73266
 G1 X113.445 Y84.498 E1071.82398
 G1 X113.504 Y84.728 E1071.89484
 G1 X113.569 Y85.026 E1071.98586
 G1 X113.617 Y85.277 E1072.06212
 G1 X113.67 Y85.642 E1072.17218
 G1 X113.707 Y85.981 E1072.27395
 G1 X113.731 Y86.358 E1072.38668
 G1 X113.734 Y86.629 E1072.46755
 G1 X113.738 Y86.728 E1072.49712
 G1 X113.737 Y91.256 E1073.84835
 G1 X113.753 Y91.734 E1073.99107
 G1 X113.805 Y92.224 E1074.13811
 G1 X113.89 Y92.71 E1074.28535
 G1 X114.011 Y93.187 E1074.4322
 G1 X114.144 Y93.597 E1074.56082
 G1 X114.18 Y93.7 E1074.59338
 G1 X114.342 Y94.09 E1074.71941
 G1 X114.542 Y94.498 E1074.855
 G1 X114.776 Y94.895 E1074.99252
 G1 X114.998 Y95.224 E1075.11096
 G1 X115.201 Y95.494 E1075.21177
 G1 X115.421 Y95.756 E1075.31386
 G1 X120.904 Y101.837 E1077.75726
 G1 X130.848 Y112.85 E1082.18518
 G1 X114.205 Y112.851 E1087.15171

G1 X114.195 Y113.553 E1087.36122
 G1 X114.027 Y113.787 E1087.44718
 G1 X113.86 Y114.145 E1087.56506
 G1 X113.764 Y114.563 E1087.69305
 G1 X113.75 Y114.761 E1087.75228
 G1 X113.751 Y124.46 E1090.64662
 G1 X113.796 Y124.838 E1090.76021
 G1 X113.876 Y125.11 E1090.84482
 G1 X114.028 Y125.425 E1090.94919
 G1 X114.241 Y125.721 E1091.05802
 G1 X123.164 Y134.646 E1094.82415
 ;MESH:NONMESH
 G0 F120 X123.164 Y134.646 Z7.2
 G0 F600 X120.678 Y133.628
 G0 X112.679 Y130.666
 ;TIME_ELAPSED:435.723681
 ;LAYER:5



;TYPE:WALL-INNER
 ;MESH:plane.3mf
 G1 X110.27 Y130.666 E1095.54303
 G1 X105.825 Y130.665 E1096.86949
 G1 X103.414 Y130.665 E1097.58897
 G1 X105.118 Y128.96 E1097.97595
 G1 X106.912 Y127.165 E1098.73327
 G1 X106.908 Y111.72 E1103.3423
 G1 X106.908 Y98.196 E1107.37807
 G1 X106.914 Y86.297 E1110.92892
 G1 X106.977 Y86.082 E1110.99578
 G1 X107.067 Y85.804 E1111.08297
 G1 X107.197 Y85.439 E1111.1986
 G1 X107.291 Y85.199 E1111.27552
 G1 X107.433 Y84.86 E1111.38519
 G1 X107.717 Y84.207 E1111.59769
 G1 X108.034 Y83.487 E1111.83245
 G1 X108.704 Y84.988 E1112.09299
 G1 X108.894 Y85.443 E1112.19174
 G1 X109.033 Y85.811 E1112.29253
 G1 X109.072 Y85.925 E1112.32476
 G1 X109.071 Y89.566 E1113.41129
 G1 X109.075 Y99.259 E1116.30384
 G1 X109.074 Y113.486 E1120.54939
 G1 X109.07 Y127.048 E1124.5965
 G1 X110.978 Y128.961 E1125.40278
 G1 X112.679 Y130.666 E1125.78952

```

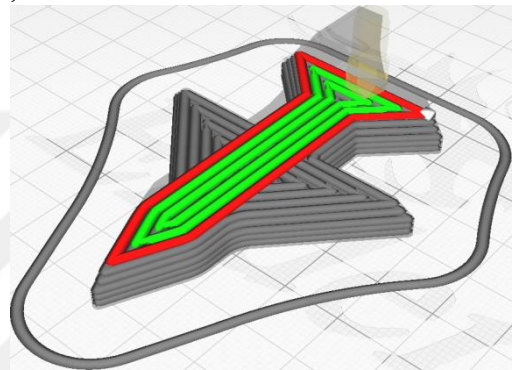
G0 X117.499 Y132.666
G1 X115.091 Y132.666 E1126.5081
G1 X100.999 Y132.665 E1130.71337
G1 X98.587 Y132.665 E1131.43315
G1 X100.292 Y130.96 E1131.82024
G1 X104.912 Y126.337 E1133.77062
G1 X104.908 Y111.721 E1138.13226
G1 X104.908 Y98.195 E1142.16863
G1 X104.914 Y86.021 E1145.80154
G1 X104.96 Y85.85 E1145.85438
G1 X105.058 Y85.517 E1145.95797
G1 X105.177 Y85.149 E1146.07338
G1 X105.32 Y84.748 E1146.20043
G1 X105.434 Y84.455 E1146.29425
G1 X105.599 Y84.062 E1146.42144
G1 X105.883 Y83.409 E1146.63394
G1 X107.113 Y80.617 E1147.54438
G1 X108.021 Y78.555 E1148.21673
G1 X108.94 Y80.612 E1148.58163
G1 X110.53 Y84.172 E1149.74513
G1 X110.754 Y84.708 E1149.91849
G1 X110.912 Y85.127 E1150.05212
G1 X110.979 Y85.321 E1150.11337
G1 X111.072 Y85.61 E1150.20396
G1 X111.071 Y89.566 E1151.38449
G1 X111.075 Y99.258 E1154.27674
G1 X111.074 Y113.487 E1158.52289
G1 X111.07 Y126.221 E1162.32292
G1 X115.799 Y130.962 E1164.3212
G1 X117.499 Y132.666 E1164.70758
G0 X119.818 Y133.628
G0 X122.291 Y134.637
;TYPE:WALL-OUTER
G1 X122.092 Y134.666 E1164.76759
G1 X93.943 Y134.665 E1173.16769
G1 X93.783 Y134.641 E1173.21597
G1 X94.745 Y133.687 E1173.62027
G1 X94.864 Y133.562 E1173.67178
G1 X96.412 Y132.011 E1174.3257
G1 X99.266 Y129.159 E1175.52973
G1 X102.912 Y125.509 E1177.06928
G1 X102.908 Y111.722 E1181.18353
G1 X102.908 Y98.194 E1185.2205
G1 X102.914 Y85.77 E1188.92801
G1 X102.943 Y85.648 E1188.96543
G1 X103.029 Y85.329 E1189.06402
G1 X103.147 Y84.927 E1189.18905
G1 X103.287 Y84.494 E1189.32485
G1 X103.436 Y84.076 E1189.45727
G1 X103.59 Y83.681 E1189.58379
G1 X103.765 Y83.264 E1189.71874
G1 X104.049 Y82.611 E1189.93124
G1 X108.008 Y73.624 E1192.86179
G1 X112.368 Y83.383 E1196.05146
G1 X112.62 Y83.987 E1196.24676

```

```

G1 X112.784 Y84.423 E1196.38577
G1 X112.883 Y84.708 E1196.4758
G1 X112.987 Y85.031 E1196.57707
G1 X113.072 Y85.314 E1196.66524
G1 X113.071 Y89.566 E1197.93411
G1 X113.075 Y99.257 E1200.82605
G1 X113.074 Y113.488 E1205.0728
G1 X113.07 Y125.394 E1208.62574
G1 X122.291 Y134.637 E1212.52186
;MESH:NONMESH
G0 F120 X122.291 Y134.637 Z8.4
G0 F600 X119.818 Y133.628
G0 X111.795 Y130.666
;TIME_ELAPSED:478.646852
;LAYER:6

```

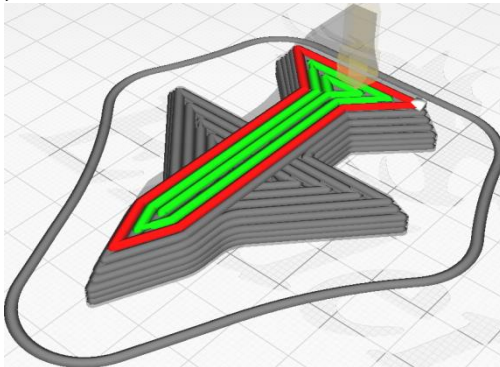


```

;TYPE:WALL-INNER
;MESH:plane.3mf
G1 X104.231 Y130.666 E1214.77908
G1 X107.833 Y127.054 E1216.30131
G1 X107.831 Y98.194 E1224.91359
G1 X107.834 Y89.147 E1227.61335
G1 X107.833 Y85.86 E1228.59424
G1 X108.004 Y85.441 E1228.72929
G1 X108.185 Y85.862 E1228.75089
G1 X108.185 Y89.146 E1228.91672
G1 X108.188 Y99.257 E1229.58097
G1 X108.183 Y127.033 E1230.91149
G1 X111.795 Y130.666 E1232.44028
G0 X116.604 Y132.666
G1 X114.201 Y132.666 E1233.15737
G1 X101.82 Y132.666 E1236.85205
G1 X99.412 Y132.666 E1237.57064
G1 X101.112 Y130.961 E1237.95727
G1 X105.833 Y126.227 E1239.95239
G1 X105.831 Y98.194 E1248.31787
G92 E0
G1 X105.834 Y89.147 E2.69977
G1 X105.833 Y85.474 E3.79585
G1 X106.102 Y84.804 E4.0113
G1 X106.364 Y84.172 E4.21546
G1 X106.732 Y83.299 E4.49818
G1 X107.962 Y80.417 E5.43326
G1 X108.894 Y82.513 E5.74567
G1 X109.752 Y84.443 E6.37596

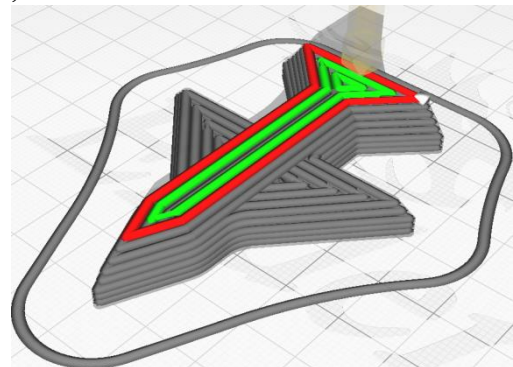
```

G1 X110.146 Y85.357 E6.67298
 G1 X110.185 Y85.453 E6.7039
 G1 X110.188 Y99.257 E10.82323
 G1 X110.183 Y126.208 E18.86582
 G1 X114.91 Y130.962 E20.86643
 G1 X116.604 Y132.666 E21.25233
 G0 X118.919 Y133.628
 G0 X121.391 Y134.64
 ;TYPE:WALL-OUTER
 G1 X121.213 Y134.666 E21.30601
 G1 X94.768 Y134.666 E29.19761
 G1 X94.615 Y134.644 E29.24374
 G1 X103.833 Y125.4 E33.13944
 G1 X103.831 Y98.194 E41.25813
 G1 X103.834 Y89.147 E43.9579
 G1 X103.833 Y85.1 E45.16558
 G1 X104.004 Y84.66 E45.30645
 G1 X104.254 Y84.038 E45.5065
 G1 X104.516 Y83.406 E45.71066
 G1 X104.893 Y82.514 E45.99965
 G1 X107.925 Y75.412 E48.30405
 G1 X111.589 Y83.652 E50.99513
 G1 X111.998 Y84.602 E51.30379
 G1 X112.185 Y85.061 E51.45169
 G1 X112.188 Y99.257 E55.688
 G1 X112.183 Y125.383 E63.4844
 G1 X116.479 Y129.705 E65.30291
 G1 X121.391 Y134.64 E67.38075
 ;MESH:NONMESH
 G0 F120 X121.391 Y134.64 Z9.6
 G0 F600 X118.919 Y133.628
 G0 X110.991 Y130.666
 ;TIME_ELAPSED:543.850971
 ;LAYER:7



;TYPE:WALL-INNER
 ;MESH:plane.3mf
 G1 X104.976 Y130.666 E69.17571
 G1 X107.99 Y127.637 E70.45086
 G1 X110.991 Y130.666 E71.72328
 G0 X115.786 Y132.666
 G1 X113.39 Y132.666 E72.43828
 G1 X102.568 Y132.666 E75.66773
 G1 X100.164 Y132.666 E76.38512
 G1 X101.859 Y130.962 E76.77112

G1 X106.564 Y126.234 E78.7616
 G1 X106.565 Y85.263 E90.98798
 G1 X107.928 Y81.972 E92.05097
 G1 X109.484 Y85.493 E92.6913
 G1 X109.486 Y89.067 E93.75783
 G1 X109.484 Y95.746 E95.75095
 G1 X109.484 Y124.956 E104.46767
 G1 X109.456 Y126.274 E104.86107
 G1 X114.1 Y130.964 E106.83068
 G1 X115.786 Y132.666 E107.2156
 G0 X118.091 Y133.628
 G0 X120.56 Y134.645
 ;TYPE:WALL-OUTER
 G1 X120.406 Y134.666 E107.26198
 G1 X95.495 Y134.666 E114.69581
 G1 X95.37 Y134.648 E114.73349
 G1 X104.564 Y125.408 E118.62329
 G1 X104.565 Y84.865 E130.72195
 G1 X107.868 Y76.89 E133.29786
 G1 X111.484 Y85.07 E135.96677
 G1 X111.486 Y89.068 E137.15983
 G1 X111.484 Y95.747 E139.15295
 G1 X111.484 Y124.999 E147.8822
 G1 X111.474 Y125.469 E148.02249
 G1 X120.56 Y134.645 E151.87603
 ;MESH:NONMESH
 G0 F120 X120.56 Y134.645 Z10.8
 G0 F600 X118.091 Y133.628
 G0 X108.982 Y132.666
 ;TIME_ELAPSED:575.446239
 ;LAYER:8

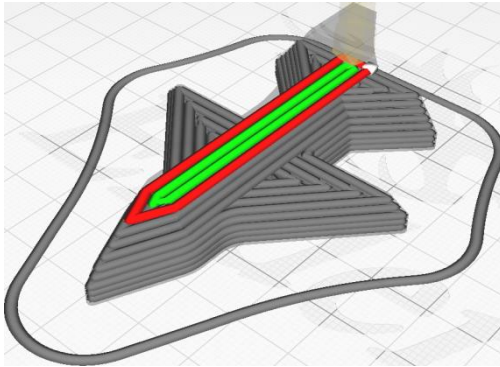


;TYPE:WALL-INNER
 ;MESH:plane.3mf
 G1 X107.121 Y132.666 E152.43138
 G1 X107.122 Y117.175 E157.05414
 G1 X107.12 Y110.269 E159.11499
 G1 X107.118 Y104.83 E160.73807
 G1 X107.124 Y87.446 E165.92573
 G1 X107.123 Y85.701 E166.44647
 G1 X107.41 Y85.106 E166.6436
 G1 X107.982 Y83.892 E167.04407
 G1 X108.383 Y84.722 E167.06779
 G1 X108.979 Y85.943 E167.35514
 G1 X108.981 Y104.829 E172.62773

```

G1 X108.982 Y110.268 E174.14
G1 X108.982 Y117.175 E176.05888
G1 X108.982 Y132.666 E180.36135
G0 X109.912 Y133.596
G0 X110.982 Y134.666
;TYPE:WALL-OUTER
G1 X105.121 Y134.666 E182.11036
G1 X105.122 Y117.175 E187.32995
G1 X105.118 Y104.83 E191.01389
G1 X105.124 Y87.446 E196.20154
G1 X105.123 Y85.244 E196.85865
G1 X105.605 Y84.244 E197.18992
G1 X106.07 Y83.261 E197.51443
G1 X106.654 Y82.008 E197.92696
G1 X107.114 Y81.004 E198.25652
G1 X107.605 Y79.912 E198.61382
G1 X107.959 Y79.109 E198.8757
G1 X108.573 Y80.451 E199.3161
G1 X109.225 Y81.847 E199.77588
G1 X109.778 Y83.011 E200.16045
G1 X110.182 Y83.849 E200.43806
G1 X110.979 Y85.481 E200.98005
G1 X110.982 Y110.268 E208.37687
G1 X110.982 Y134.666 E215.65762
G0 X107.982 Y132.252
;MESH:NONMESH
G0 F120 X107.982 Y132.252 Z12
G0 F600 X108.566 Y132.666
;TIME_ELAPSED:598.654051
;LAYER:9

```



```

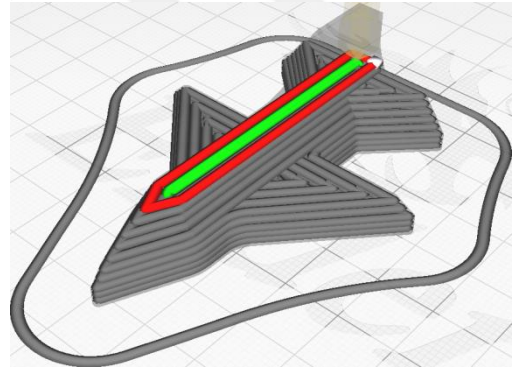
;TYPE:WALL-INNER
;MESH:plane.3mf
G1 X107.595 Y132.666 E215.94738
G1 X107.598 Y99.77 E225.76405
G1 X107.599 Y96.863 E226.63155
G1 X107.599 Y92.803 E227.84311
G1 X107.597 Y86.427 E229.74581
G1 X108.038 Y85.579 E230.03104
G1 X108.566 Y86.593 E230.16137
G1 X108.565 Y92.802 E231.04482
G1 X108.566 Y96.862 E231.63075
G1 X108.567 Y99.77 E232.05105
G1 X108.566 Y132.666 E236.81468
G0 X109.496 Y133.596

```

```

G0 X110.566 Y134.666
;TYPE:WALL-OUTER
G1 X105.595 Y134.666 E238.2981
G1 X105.599 Y96.863 E249.5791
G1 X105.597 Y85.932 E252.84108
G1 X105.749 Y85.646 E252.93773
G1 X106.37 Y84.453 E253.33909
G1 X106.892 Y83.421 E253.68421
G1 X107.302 Y82.595 E253.95939
G1 X107.725 Y81.725 E254.24808
G1 X108.034 Y81.076 E254.46258
G1 X108.207 Y81.441 E254.58312
G1 X108.385 Y81.802 E254.70323
G1 X108.485 Y82.013 E254.77291
G1 X109.027 Y83.11 E255.13804
G1 X109.205 Y83.467 E255.25709
G1 X109.732 Y84.501 E255.60341
G1 X110.253 Y85.503 E255.94043
G1 X110.566 Y86.099 E256.14132
G1 X110.565 Y92.802 E258.1416
G1 X110.567 Y99.77 E260.22096
G1 X110.566 Y134.666 E270.63447
G0 X108.152 Y131.666
;MESH:NONMESH
G0 F120 X108.152 Y131.666 Z13.2
G0 F600 X108.167 Y132.666
;TIME_ELAPSED:620.950688
;LAYER:10

```

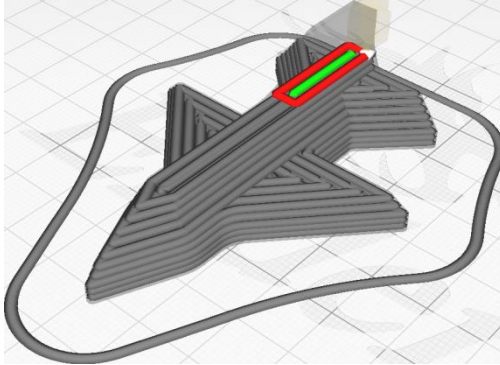


```

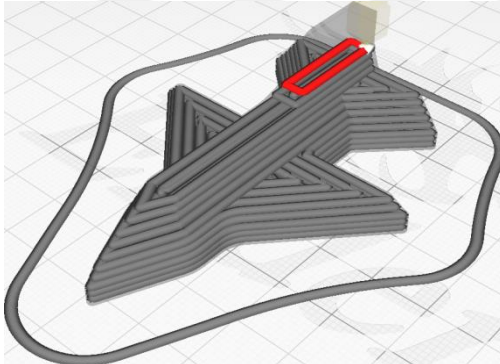
;TYPE:WALL-INNER
;MESH:plane.3mf
G1 X107.993 Y132.666 E270.68639
G1 X107.994 Y116.82 E275.41509
G1 X108.167 Y116.821 E275.46671
G1 X108.167 Y132.666 E275.87815
G0 X109.097 Y133.596
G0 X110.167 Y134.666
;TYPE:WALL-OUTER
G1 X105.993 Y134.666 E277.12374
G1 X105.994 Y114.819 E283.04639
G1 X110.167 Y114.822 E284.29168
G1 X110.167 Y134.666 E290.21344
G0 X108.993 Y132.252
;MESH:NONMESH
G0 F120 X108.993 Y132.252 Z14.4

```

```
G0 F600 X109.097 Y133.596
G0 X109.814 Y134.666
;TIME_ELAPSED:630.429956
;LAYER:11
```

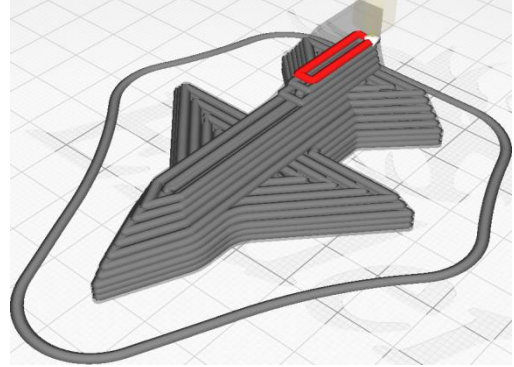


```
;TYPE:WALL-OUTER
;MESH:plane.3mf
G1 X106.311 Y134.666 E291.25879
G1 X106.313 Y116.911 E296.55715
G1 X109.815 Y116.912 E297.60221
G1 X109.813 Y122.657 E299.3166
G1 X109.815 Y123.587 E299.59413
G1 X109.814 Y134.666 E302.90027
;MESH:NONMESH
G0 F120 X109.814 Y134.666 Z15.6
G0 F600 X109.565 Y134.666
;TIME_ELAPSED:635.348946
;LAYER:12
```

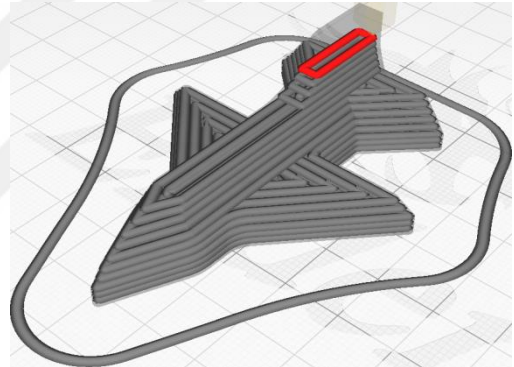


```
;TYPE:WALL-OUTER
;MESH:plane.3mf
G1 X106.565 Y134.666 E303.79552
G1 X106.565 Y118.166 E308.71938
G1 X109.565 Y118.165 E309.61462
G1 X109.565 Y134.666 E314.53878
;TIME_ELAPSED:639.269719
```

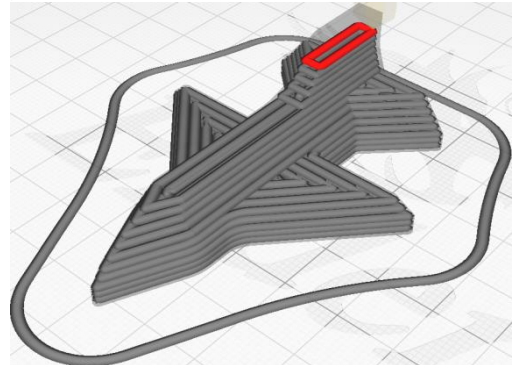
```
;LAYER:13
```



```
;MESH:plane.3mf
G0 X109.565 Y134.666 Z16.8
;TYPE:WALL-OUTER
G1 X106.565 Y134.666 E315.43403
G1 X106.565 Y119.159 E320.06155
G1 X109.565 Y119.158 E320.9568
G1 X109.565 Y134.666 E325.58463
;TIME_ELAPSED:643.209582
;LAYER:14
```

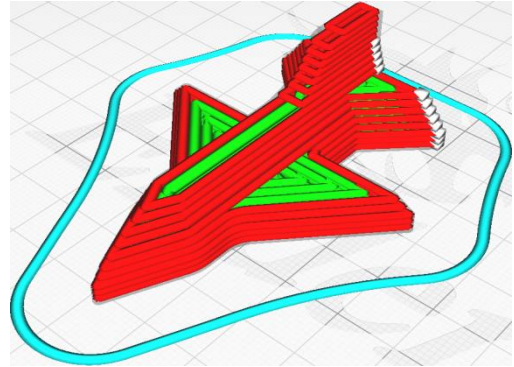
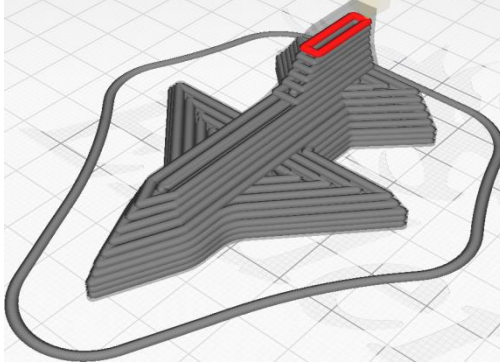


```
;MESH:plane.3mf
G0 X109.565 Y134.666 Z18
;TYPE:WALL-OUTER
G1 X106.565 Y134.666 E326.47988
G1 X106.565 Y120.107 E330.82451
G1 X109.565 Y120.108 E331.71975
G1 X109.565 Y134.666 E336.06409
;TIME_ELAPSED:646.959646
;LAYER:15
```

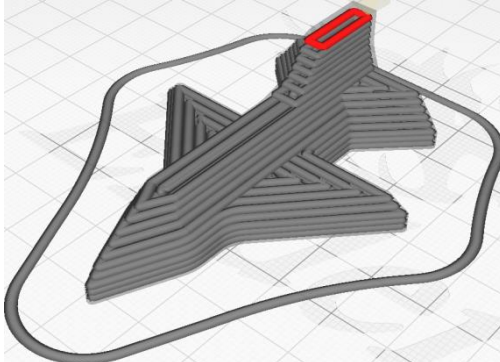


```
;MESH:plane.3mf
G0 X109.565 Y134.666 Z19.2
;TYPE:WALL-OUTER
```

```
G1 X106.565 Y134.666 E336.95933
G1 X106.565 Y121.014 E341.0333
G1 X109.565 Y121.013 E341.92855
G1 X109.565 Y134.666 E346.00282
;TIME_ELAPSED:650.528509
;LAYER:16
```



```
;MESH:plane.3mf
G0 X109.565 Y134.666 Z20.4
;TYPE:WALL-OUTER
G1 X106.565 Y134.666 E346.89806
G1 X106.565 Y122.215 E350.61363
G1 X109.565 Y122.213 E351.50888
G1 X109.565 Y134.666 E355.22505
;TIME_ELAPSED:653.857273
;LAYER:17
```



```
;MESH:plane.3mf
G0 X109.565 Y134.666 Z21.6
;TYPE:WALL-OUTER
G1 X106.565 Y134.666 E356.1203
G1 X106.565 Y125.783 E358.77112
G1 X109.565 Y125.782 E359.66637
G1 X109.565 Y134.666 E362.31749
;TIME_ELAPSED:656.472336
G91 ;Relative positioning
M84 X Y E ;Disable all steppers but Z
M82 ;absolute extrusion mode
M104 S0
```

Ek 12. Aroma Bileşenleri Sonuçları Tablosu

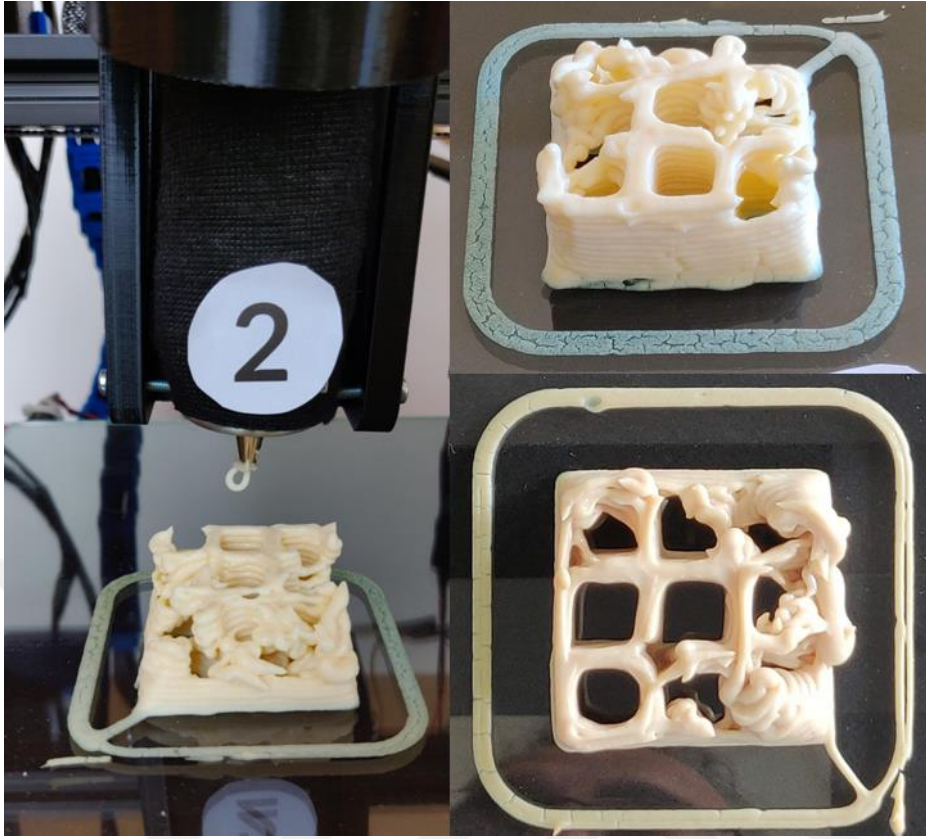
Aroma Bileşen Adı	Kimyasal Formül	Grup	Z	N ₁	N ₂	% Relatif Pik Alanları						
						N ₃	P ₁	P ₂	P ₃	NP ₁	NP ₂	NP ₃
.ALPHA.-TERPINOLENE	C ₁₀ H ₁₆	Alken	-	-	-	-	-	-	-	0.22	0.25	0.25
.BETA. FENCHYL ALCOHOL	C ₁₀ H ₁₈ O	Alkol	0.12	-	-	-	-	-	0.32	0.43	0.32	0.34
.beta.-Myrcene	C ₁₀ H ₁₆	Alken	-	-	0.09	0.11	-	-	-	-	-	-
.beta.-Terpinyl acetate	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	Ester	0.29	-	-	-	-	0.39	0.44	0.69	0.46	0.59
1,2-Benzenedicarboxylic acid, diethyl ester (CAS) Ethyl phthalate	C ₁₂ H ₁₄ O ₄	Ester	1.74	3.16	1.99	1.60	2.45	1.58	2.18	1.79	1.61	1.52
1-Heptanol	C ₇ H ₁₆ O	Alkol	-	0.32	0.18	0.16	0.12	-	-	-	-	-
1-Hexanol (CAS) n-Hexanol	C ₆ H ₁₄ O	Alkol	0.18	0.24	0.24	0.22	0.50	0.17	0.38	0.28	0.20	0.28
1-Nonanol	C ₉ H ₂₀ O	Alkol	0.18	0.20	0.19	0.25	0.24	0.22	-	0.16	0.20	0.17
1-Octanol, dimethyl- (CAS) Dimethyl octanol	C ₁₀ H ₂₂ O	Alkol	0.23	0.20	-	0.16	-	-	-	-	-	-
1-Octanol	C ₈ H ₁₈ O	Alkol	0.37	-	0.09	-	0.28	0.13	0.19	-	-	-
2,3-Butanedione	C ₄ H ₆ O ₂	Keton	-	0.17	0.10	0.28	0.34	-	-	0.24	-	0.21
2,7-Dimethyl-2,7-octanediol	C ₁₀ H ₂₂ O ₂	Alkol	0.28	0.38	0.40	-	0.90	0.84	1.27	1.50	1.03	1.22
2-Butanone, 3-hydroxy- (CAS) Acetoin	C ₄ H ₈ O ₂	Keton	0.26	-	-	-	-	-	0.34	0.41	-	-
2-Butanone, 3-methyl- (CAS) 3-Methyl-2-butanone	C ₅ H ₁₀ O	Keton	-	-	-	0.15	-	-	0.28	-	-	-
2-Hexenal, (E)- (CAS) (E)-2-Hexenal	C ₆ H ₁₀ O	Aldehit	0.22	0.15	0.09	0.12	0.16	0.13	0.17	0.12	-	-
2-Nonanone (CAS) Methyl heptyl ketone	C ₉ H ₁₈ O	Keton	0.20	0.35	0.32	0.28	0.53	0.46	0.45	0.42	0.49	0.34
2-Nonenal, (E)-	C ₉ H ₁₆ O	Aldehit	0.13	0.16	0.10	-	0.15	0.21	-	-	0.20	0.47
2-PROPENOIC ACID	C ₃ H ₄ O ₂	Asit	-	0.11	-	-	0.20	-	-	-	-	0.20
2-Tridecanone (CAS) Methyl undecyl ketone	C ₁₃ H ₂₆ O	Keton	0.23	0.33	0.22	0.15	0.26	0.23	0.27	-	-	0.17
2-Undecanone	C ₁₁ H ₂₂ O	Keton	0.34	0.50	0.40	0.42	0.63	0.41	0.44	0.34	0.44	0.50
3,5-Octadien-2-one	C ₈ H ₁₂ O	Keton	0.08	-	0.11	0.15	0.11	0.11	-	-	0.16	-

Aroma Bileşen Adı	Kimyasal Formül	Grup	Z	% Relatif Pik Alanları								
				N ₁	N ₂	N ₃	P ₁	P ₂	P ₃	NP ₁	NP ₂	NP ₃
3-Cyclohexene-1-methanol, .alpha.,.alpha.,4-trimethyl-, (S)- (CAS) p-Menth-1-en-8-ol, (S)-(-)-	C ₁₀ H ₁₈ O	Alkol	-	0.18	0.27	-	0.27	0.32	-	-	-	-
3-Hexen-1-ol, acetate, (Z)- (CAS) cis-3-Hexenyl acetate	C ₈ H ₁₄ O ₂	Ester	0.06	-	0.10	0.15	-	-	-	-	-	-
4-Terpinenyl ester of n-butanoic acid	C ₁₅ H ₂₈ O ₂	Ester	-	0.18	-	-	0.24	0.24	-	-	-	-
5-HEPTYLPENTAN-5-OLIDE	C ₁₄ H ₂₆ O ₂	Ester	-	-	0.10	-	-	-	-	0.11	0.15	-
5-Octadecene, (E)- (CAS)	C ₁₈ H ₃₆	Alken	-	-	0.70	-	-	-	-	-	-	-
6-Methyl-5-hepten-2-one	C ₈ H ₁₄ O	Keton	-	-	0.10	0.12	0.29	0.13	0.25	0.15	0.20	0.20
7-hydroxy-5,6,7,8-tetrahydroindolizaine	C ₉ H ₁₃ NO	Heterosiklik	-	-	-	-	0.12	0.38	-	-	0.17	0.12
9-Hexadecenoic acid (CAS)	C ₁₆ H ₃₀ O ₂	Asit	0.37	0.43	0.37	0.42	0.26	-	-	-	-	0.43
Acetic acid (CAS) Ethylic acid	CH ₃ COOH	Asit	0.49	0.66	0.84	0.74	0.67	1.34	0.94	1.19	0.85	0.52
Acetic acid ethenyl ester (CAS) Vinyl acetate	C ₄ H ₆ O ₂	Ester	0.17	-	-	-	-	-	0.16	0.29	-	-
Amyl methyl ketone	C ₆ H ₁₂ O	Keton	-	-	-	-	0.39	-	-	-	0.26	-
Benzaldehyde	C ₇ H ₆ O	Aldehit	0.71	0.64	0.56	0.43	0.63	0.61	0.82	0.60	0.57	0.68
Benzene, 1,3-dichloro- (CAS) m-Dichlorobenzene	C ₆ H ₄ Cl ₂	Benzen	2.93	4.82	-	2.63	3.36	2.38	-	-	-	-
Benzene, 1,4-dichloro- (CAS) p-Dichlorobenzene	C ₆ H ₄ Cl ₂	Benzen	-	-	2.37	-	-	-	-	-	2.12	2.09
Benzoic acid (CAS) Retardex	C ₇ H ₆ O ₂	Asit	0.59	-	-	0.52	-	-	-	-	0.51	0.54
Butanoic acid (CAS) n-Butyric acid	C ₄ H ₈ O ₂	Asit	0.85	2.04	1.96	2.20	2.11	2.87	2.45	1.92	2.26	1.85
Butanoic acid, 3-methyl-	C ₅ H ₁₀ O ₂	Asit	-	0.14	-	0.25	-	0.27	-	-	-	-
Butanoic acid, propyl ester (CAS) Propyl butyrate	C ₇ H ₁₄ O ₂	Ester	0.26	-	-	0.18	-	-	-	-	-	-
Capraldehyde	C ₆ H ₁₂ O	Aldehit	-	-	0.49	-	-	0.98	-	1.82	-	1.96
Caproic acid	C ₇ H ₁₃ COOH	Asit	1.51	0.64	0.70	0.83	0.68	0.76	0.50	0.79	0.59	0.74
Carbamic acid, monoammonium salt (CAS) Ammonium carbamate	CH ₆ N ₂ O ₂	Asit	-	-	-	0.18	-	-	-	0.50	-	-
Copaene <alpha->	C ₁₅ H ₂₄	Alken	0.18	0.20	-	-	-	-	-	-	-	-

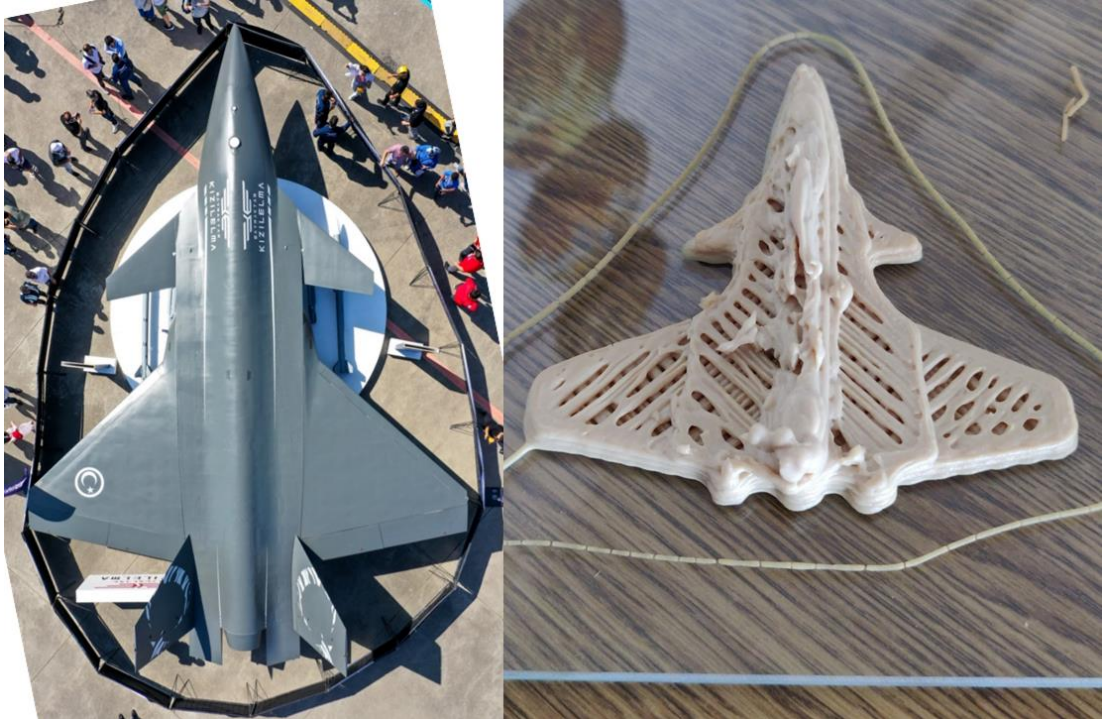
Aroma Bileşen Adı	Kimyasal Formül	Grup	Z	% Relatif Pik Alanları								
				N ₁	N ₂	N ₃	P ₁	P ₂	P ₃	NP ₁	NP ₂	NP ₃
Cyclohexasiloxane, dodecamethyl- (CAS) Dodecamethylcyclohexasiloxane	C ₁₂ H ₃₆ O ₆ Si ₆	Siloksan	0.67	1.16	0.64	0.72	0.82	0.59	0.95	1.04	0.56	0.72
Cyclooctane, 1,5-dimethyl- (CAS)	C ₁₀ H ₂₀	Sikloalkan	-	-	0.43	0.35	0.48	-	-	0.50	-	-
Cyclopropane, 1-hexyl-2-propyl-, cis- (CAS)	C ₁₂ H ₂₄	Sikloalkan	-	0.74	-	-	-	-	-	0.38	0.33	0.30
Decanal (CAS) n-Decanal	C ₁₀ H ₂₀ O	Aldehit	0.57	0.65	-	0.37	1.15	-	1.51	-	1.76	-
Decanoic acid (CAS) Capric acid	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	Asit	17.69	14.44	15.44	16.52	15.24	15.55	11.91	16.84	14.28	16.37
D-Limonene	C ₁₀ H ₁₆	Alken	5.30	7.57	5.58	5.83	7.25	6.35	8.07	6.45	7.10	5.66
DoDecalactone <delta->	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	Keton	0.24	0.16	0.15	0.16	-	0.16	0.16	-	0.14	0.18
Dodecanoic acid (CAS) Lauric acid	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	Peynir	10.13	4.90	4.59	3.16	4.73	4.22	4.96	5.36	4.12	5.07
Eicosane	C ₂₀ H ₄₂	Alkan	-	0.35	-	0.34	0.40	0.30	0.27	-	-	0.40
Enanthic acid	C ₇ H ₁₄ O ₂	Asit	-	0.19	-	0.26	0.15	-	-	-	-	-
Ethanol (CAS) Ethyl alcohol	C ₂ H ₅ OH	Alkol	-	-	0.18	0.20	-	-	-	-	-	0.24
Ethyl linoleate	C ₂₀ H ₃₆ O ₂	Ester	1.35	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Farnesene	C ₁₅ H ₂₄	Terpen	2.96	3.92	2.55	2.23	3.09	2.72	2.61	2.71	2.47	2.51
Heptadecane, 8-methyl- (CAS) 8-Methylheptadecane	C ₁₈ H ₃₈	Alkan	0.24	0.45	0.35	0.24	0.70	0.19	-	-	-	-
Heptanal	C ₇ H ₁₄ O	Aldehit	-	0.14	-	0.14	0.17	0.18	-	-	-	-
Heptanoic acid	C ₇ H ₁₄ O ₂	Asit	7.93	-	0.14	0.15	-	0.14	-	0.31	0.23	-
Hex-3(Z)-enyl acetate	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	Ester	-	0.10	0.13	-	-	-	-	-	-	-
Hexadecane	C ₁₆ H ₃₄	Alkan	-	0.22	0.50	0.56	-	0.38	0.27	0.30	0.24	0.23
Hexanoic acid (CAS) n-Hexanoic acid	C ₆ H ₁₂ O ₂	Asit	-	18.33	16.47	18.25	18.08	21.02	18.42	14.79	20.38	18.11
Isocineole	C ₁₀ H ₁₈ O	Alkol	-	-	-	-	-	0.18	0.22	0.29	-	0.30
Limonene	C ₁₀ H ₁₆	Alken	-	-	8.60	4.95	-	-	-	-	-	-
Linalyl formate	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	Ester	0.19	0.24	0.20	-	0.98	0.82	1.04	1.29	0.95	1.24
N Heptanal	C ₇ H ₁₄ O	Aldehit	-	-	0.13	-	-	-	-	-	-	-
Nonanal (CAS) n-Nonanal	C ₉ H ₁₈ O	Aldehit	1.11	1.71	1.26	1.30	1.59	1.41	2.01	1.79	2.43	2.05
Nonanoic acid (CAS) Nonoic acid	C ₉ H ₁₈ O ₂	Asit	0.33	0.23	0.25	0.46	-	-	-	0.42	0.50	0.29
Octanoic Acid, Caprylic acid	C ₈ H ₁₆ O ₂	Asit	23.26	19.87	20.36	24.01	21.99	23.95	18.60	25.37	25.20	24.60

Aroma Bileşen Adı	Kimyasal Formül	Grup	% Relatif Pik Alanları									
			Z	N ₁	N ₂	N ₃	P ₁	P ₂	P ₃	NP ₁	NP ₂	NP ₃
Pentadecane	C ₁₅ H ₃₂	Alkan	0.3	0.12	0.63	0.37	0.44	-	-	0.45	-	-
Pentadecanoic acid (CAS) Pentadecylic acid	C ₁₅ H ₃₀ O ₂	Asit	0.39	0.23	0.11	0.14	0.29	-	0.21	0.24	-	-
Pentanoic acid (CAS) Valeric acid	C ₅ H ₁₀ O ₂	Asit	-	0.24	0.29	0.31	-	-	0.27	-	0.25	0.28
Propanoic acid, 3,3'-dithiobis- (CAS)	C ₆ H ₁₀ O ₄ S ₂	Asit	0.44	0.18	0.17	0.22	0.48	0.20	0.22	0.29	0.52	0.28
Dithiodipropionic acid												
Pyrazine, tetramethyl-	C ₈ H ₁₂ N ₂	Pirazin	1.20	1.30	1.14	0.96	1.31	1.14	1.63	1.65	1.20	1.37
Pyrazine, trimethyl-	C ₈ H ₁₂ N ₂	Pirazin	0.42	0.70	0.73	0.50	0.86	0.49	0.92	0.68	0.67	-
Tetradecane (CAS) n-Tetradecane	C ₁₄ H ₃₀	Alkan	0.60	0.17	-	-	-	0.13	-	-	-	-
Tetradecanoic acid (CAS) Myristic acid	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	Asit	8.96	4.33	3.43	3.79	3.55	2.92	4.29	2.93	2.80	3.31
Undecylenic Acid	C ₁₁ H ₂₀ O ₂	Asit	-	-	-	-	-	0.24	0.25	-	-	-
Z-11-Tetradecenoic acid	C ₁₄ H ₂₆ O ₂	Asit	-	-	-	0.26	0.39	0.29	0.47	0.39	0.29	-

Ek 13. Hatalı baskı örneği



Ek 14. Next Challenge: “Aç ağızını ‘Kızıl elma’ geliyor!”



ÖZ GEÇMİŞ

Serdar KILIÇ, Trabzon Affan Kitapçioğlu Anadolu Lisesi'ni 2004 yılında bitirdikten sonra Atatürk Üniversitesi Gıda Mühendisliği bölümünden 2010 yılında mezun oldu. 2013 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans programını bitirdi. Yüksek Lisans mezuniyetinden sonra Hava Kuvvetleri Komutanlığı'nda Gıda Kontrol ve Hijyen Denetim Subayı olarak askerlik görevini 2014 yılında tamamladı. 2017 tarihinden itibaren Ondokuz Mayıs Üniversitesi Terme Meslek Yüksek Okulu'nda Öğretim Görevlisi olarak görev yapmaktadır. Orta derecede İngilizce ve temel seviyede İspanyolca ve Almanca bilmektedir.

10.07.2023

İletişim Bilgileri

ORCID ID : 0000-0001-6660-8316

Yayınlar:

1. Kılıç, S., Temiz, H. ve Aykut, U. (2012). *Aho Peyniri*. Tam Metin Bildiri. III. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, 649-651, 10-12 Mayıs 2012. Konya. ISBN: 978-605-86909-0-5
2. Temiz, H. and Kılıç, S. (2016). *A survey of the chemical, biochemical, microbiological and sensorial quality of Aho cheese, a traditional cheese from Eastern Black Sea Region, Turkey*. International Journal of Dairy Technology, 69 (2), 209–216. <https://dx.doi.org/10.1111/1471-0307.12237>
3. Kılıç, S. and Temiz, H. (2022). *Investigation of the printability of three-dimensional potato puree printing by image processing method*. 2. International Anatolian Scientific Research Congress. Page: 316. October 25, 2022 / Sanliurfa, Türkiye. ISBN: 978-625-8246-40-7.
4. Kılıç, S. and Temiz, H. (2022). *Production of enriched and spreadable lor (Turkish whey cheese), amino acid composition and investigation of the rheological properties*. 2. International Anatolian Scientific Research Congress. Page: 324. October 25, 2022 / Sanliurfa, Türkiye. ISBN: 978-625-8246-40-7.

Projeler:

1. PYO.MUH.1904.11.011. *Aho peynirinin fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinin belirlenmesi*. Bilimsel Araştırma Projesi. 31.09.2011 – 05.07.2013. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Proje Yönetim Ofisi. Proje Yürütücüsü: Prof. Dr. Hasan TEMİZ, Araştırmacı: Serdar KILIÇ

2. PYO.MUH.1904.21.020. *Gıda kaynaklı atıkların katmanlı üretim teknolojisinde kullanım olanaklarının araştırılması*. Bilimsel Araştırma Projesi. 20.09.2021 – 30.03.2023. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Proje Yönetim Ofisi. Proje Yürütücüsü: Prof. Dr. Hasan TEMİZ, Araştırmacı: Serdar KILIÇ

Stajlar:

1. Lisans, Temmuz – Ağustos, 2009. Tarım ve Orman Bakanlığı, *Trabzon İl Kontrol Laboratuvarı*, 30 iş günü.
2. Doktora, Erasmus+ Staj Hareketliliği. 30.06.2019 – 30.09.2019. *Natural Machines (Foodini)*, Barcelona, İspanya. 90 iş günü.