

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ANTİOKSİDAN EFERVESAN TABLET ÜRETİMİ VE BAZI ÖZELLİKLERİNİN
İNCELENMESİ**

Sergen ÇETEBOZAN

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Sibel YİĞİTARSLAN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2022**



© 2022 [Sergen ÇETEBOZAN]

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xv
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	2
2.1.Fonksiyonel gıdalar	2
2.1.1. Antioksidan kaynaklı biyoaktif bileşenler	3
2.1.2. Süt proteini kaynaklı biyoaktif bileşenler	7
2.2. Gıda takviyeleri.....	10
2.3. Efervesan tabletler	11
2.4. Kurutma işlemi	13
3. MATERYAL VE YÖNTEM	17
3.1. Materyal	17
3.1.1. Çalışmada kullanılan cihazlar	17
3.2. Yöntem	18
3.2.1. Fenolik içerikli ekstratların üretimi	19
3.2.2. Sodyum-kazeinat üretimi.....	20
3.2.3. Kurutuma prosesi ve modellerinin uygulanması	20
3.2.4. Efervesan tablet üretimi	22
3.2.4.1. Efervesan tabletlerin bileşenlerinin belirlenmesi	22
3.2.4.2. Efervesan tablet bileşenlerinin optimum koşullarının belirlenmesi.....	23
3.2.4.3. Efervesan tabletlerin oluşturulması.....	23
3.2.5. Efervesan tabletlere uygulanan analizler	24
3.2.5.1. Fiziksel analizler	24
3.2.5.2. Kimyasal analizler.....	25
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	28
4.1. Yaş-kuru kazein üretiminin kütle denglikleri ve verimleri.....	28
4.1.1. Süt ve PAS'ın yoğunluk ve kuru madde analizlerinin sonuçları ..	28
4.1.2. Yaş kazein karışımı üretimi için toplam kütle dengliği	29
4.1.3. Kuru kazein karışımının kuru madde ve nem miktarı analizlerinin sonuçları	29
4.1.4. Kuru kazein karışımı üretimi için toplam kütle dengliği.....	30
4.2. Yaş-kuru sodyum kazeinat karışımı üretimi	31
4.2.1. Kütle denglikleri ve verimleri	31
4.2.2. Kurutuma modelleri	32
4.2.2.1. Henderson ve Pabis modeli	33
4.2.2.2. Page modeli.....	37
4.2.2.3. Newton modeli.....	41
4.3. Efervesan tablet numunelerinin üretimi	45

4.3.1. Toz fenolik-sodyum kazeinat karışımının üretimi.....	45
4.3.2. Box- Behnken deney dizaynı ile efervesan tabletlerin üretimi...	46
4.4. Efervesan tablet numunelerinin analizi	48
4.4.1. ZET için gerçekleştirilen analiz sonuçları	49
4.4.1.1. ZET çözünme süresi.....	49
4.4.1.2. ZET fenolik miktarı	52
4.4.1.3. ZET diğer analiz sonuçları.....	55
4.4.2. TET için gerçekleştirilen analiz sonuçları.....	57
4.4.2.1. TET çözünme süresi.....	57
4.4.2.2. TET fenolik miktarı	59
4.4.2.3. TET diğer analiz sonuçları.....	62
4.4.3. NKET için gerçekleştirilen analiz sonuçları	63
4.4.3.1. NKET çözünme süresi	63
4.4.3.2. NKET fenolik miktarı.....	66
4.4.3.3. NKET diğer analiz sonuçları	68
4.4.4. Optimum koşullarda efervesan tabletlerin oluşturulması.....	70
4.4.4.1. Duyusal analiz.....	71
4.4.4.2. HPLC analiz sonuçları.....	72
4.4.4.3. Uçucu aroma profili sonuçları	73
4.4.4.4. Element analizi sonuçları	73
5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR	75
KAYNAKLAR	80
EKLER	89
EK A. Ham veriler	90
EK B. Örnek hesaplamalar	100
EK C. Kurutma modellerine ait şekil ve ANOVA çizelgeleri	105
EK D. Analiz raporları	131
ÖZGEÇMİŞ	141

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ANTİOKSİDAN EFERVESAN TABLET ÜRETİMİ VE BAZI ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Sergen ÇETEBOZAN

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Sibel YİĞİTARSLAN

Bu tez çalışmasında, bireylerin gündelik yaşantısında sebze ve meyve tüketimine bağlı olarak vücuduna aldığı fonksiyonel bileşen çeşidi ve miktarının arttırılmasını amaçlayan, efervesan tablet formunda yeni bir fonksiyonel gıda takviyesinin üretilebilirliği incelenmiştir. Efervesan tablet içeriğinde fonksiyonel bileşen olarak, biyoaktif peptit kaynağı olan sodyum-kazeinat ve antioksidan özellik gösteren tarçın, zerdeçal ve nar kabuğu kaynaklı fenolik bileşen karışımları tercih edilmiştir.

Üretim basamaklarında bileşenlerin miktarı ve kombinasyonlarının belirlenmesinde üç parametrelili-üç seviyeli Box-Behnken deney tasarımı, Design-Expert programı kullanılarak çok parametrelili optimizasyon tekniği kullanılmıştır. Üretilen efervesan tabletleri suda çözündürülerek bazı özellikleri incelenmiştir. Oluşturulan üç farklı efervesan tabletin her üçü için de, seçilen parametrelerin çözünme süresi ve fenolik bileşen miktarları üzerinde belirgin bir etkiye sahip olduğu; ancak pH, viskozite, yoğunluk ve kuru madde, şeker, toplam asit miktarı üzerinde kayda değer bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Elde edilen optimum koşullarda oluşturulan efervesan tablet numune çözeltilerinde gözlenen bazı özelliklerin iyileştirilmesi için jelatin yerine PVP kullanımı ve topaklanma ve köpük engelleyicilerin eklenmesi tercih edilmiş ve müşteri tarafından tercih edilebilirliğini arttırmak adına da kabul edilen sınırlar altında kalacak şekilde gıda boyaları ve aromalar eklenmiştir. Renk, koku ve tat açısından en çok tercih edilenin NKET olduğu, ikinci tercih edilenin ise renk için TET; koku için ZET ve tat için de ZET olduğuna karar verilmiştir. Panelistlerin en çok tercih ettiği efervesan tablet olan NKET bileşenleri daha hassas incelemelere tabi tutulmuş ve yapılan HPLC analizleri sonucunda früktoz ve gallik asit bileşenlerinin baskın olduğu tespit edilmiştir. SPME analiz bulguları da bu efervesan tabletteki temel aroma bileşeninin limonen ve sinnamaldehit olduğunu göstermiştir.

Çalışmada ayrıca sodyum kazeinatın kurutulması işlemini ifade eden model denkleminin belirlenmesi de gerçekleştirilmiştir. İncelenen üç ince tabaka kurutma yönteminden (Page, Henderson-Pabis ve Newton), hem endüstriyel üretimin gerekliliklerini sağlaması hem de modelin uygunluğu açısından 50°C sıcaklık ve ikinci seviye kurutma koşulu için en uygun model denkleminin Page modeli olduğu belirlenmiş ve denklem sabitleri $k=0,000979$ ve $n=1,4416$ olarak belirlenmiştir.

Gerçekleştirilen tüm deneysel çalışma ve bulgular sonucunda, ülkemizde, bu bileşenlere sahip ilk efervesan tablet üretilebilirliği ispatlanmış, üretim basamakları optimize edilmiştir. Ülke kaynaklarının etkin kullanımı, bireysel ve toplumsal sağlığı destekleyici ek malzemelerin üretimi ve ucuz maliyetle herkesin erişebileceği şekilde sunulmasına yönelik katkı sağlayan bu çalışmanın diğer bilim dalları ve endüstriyel alanlara da farklı bir bakış açısı kazandıracağı öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Efervesan Tablet, İnce Tabaka Kurutma Modeli, Box-Behnken Deney Dizaynı, Gıda Takviyesi.

2022, 142 sayfa



ABSTRACT

M.Sc. Thesis

PRODUCTION OF ANTIOXIDANT EFFERVESCENT TABLETS AND INVESTIGATION OF SOME PROPERTIES

Sergen CETEBOZAN

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Chemical Engineering**

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Sibel YİĞİTARSLAN

In this thesis, the manufacturability of a new functional food supplement in the form of effervescent tablets, which aims to increase the type and amount of functional components taken into the body depending on the consumption of vegetables and fruits in the daily life of individuals, was investigated. Sodium-caseinate, which is a source of bioactive peptide, and phenolic component mixtures from cinnamon, turmeric and pomegranate peel, which show antioxidant properties, were preferred as functional components in the effervescent tablet content.

Three-parameter-three-level Box-Behnken experimental design and multi-parameter optimization technique using the Design-Expert program were used to determine the amount and combinations of components in the production steps. The produced effervescent tablets were dissolved in water and some properties were investigated. For all three of the three different effervescent tablets formed, the selected parameters had a significant effect on the dissolution time and phenolic component amounts; however, it was determined that there was no significant effect on pH, viscosity, density and dry matter, sugar, total acid content. In order to improve some of the properties observed in the effervescent tablet sample solutions created in the optimum conditions obtained, the use of PVP and the addition of aggregation and foam inhibitors were preferred instead of gelatin, and food dyes and flavors were added in a way that would remain within the acceptable limits in order to increase the preference by the customer. NKET is the most preferred in terms of color, smell and taste, and the second preferred is TET for color; ZET for odor and ZET for taste. NKET components, the most preferred effervescent tablet by the panelists, were subjected to more sensitive examinations and as a result of the HPLC analyzes, fructose and gallic acid components were found to be dominant. SPME analysis findings also showed that the main flavor components in this effervescent tablet are limonene and cinnamaldehyde.

In the study, the determination of the model equivalence, which expresses the drying process of sodium caseinate, was also carried out. Among the three thin-layer drying methods (Page, Henderson-Pabis and Newton), it was determined that Page model

was the most suitable model equation for 50°C temperature and second level drying condition in terms of both meeting the requirements of industrial production and the suitability of the model, and the equation constants were $k=0.000979$. and $n=1.4416$.

As a result of all the experimental studies and findings, the production of the first effervescent tablet with these components has been proven in our country, and the production steps have been optimized. It is anticipated that this study, which contributes to the effective use of national resources, the production of supplementary materials that support individual and social health, and their presentation at low cost, will bring a different perspective to other branches of science and industrial fields.

Keywords: Effervescent Tablet, Thin Layer Drying Model, Box-Behnken Experimental Design, Food Supplement.

2022, 142 pages

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, literatür araştırmalarımnda, deney planımnda ve aşamalarında karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan, her daim yanımda bir anne gibi olan değerli Danışman Hocam Dr. Öğr. Üyesi Sibel YİĞİTARSLAN'a teşekkürlerimi sunarım. Deney aşamasında laboratuvar teçhizatı temininde ve kurulumunda yardımcı olan Süleyman Demirel Üniversitesi Yenilenebilir Enerji ABD'nin ana bilim başkanı değerli hocam Prof. Dr. İbrahim ÜÇGÜL, Öğr. Görevlisi Seyit Ahmet İNAN ve Teknisyen Berat UÇAR'a teşekkür ederim.

Araştırmanın yürütülmesinde maddi ve manevi yardımlarını gördüğüm sevgili kuzenim Doç. Dr. Gamze TAN ve değerli arkadaşlarım Kimya Mühendisi Atalay DEMİR, Kimya Yüksek Mühendisi Merve KAŞ, Kimya Yüksek Mühendisi Gözde ERKAÇ, Kimya Mühendisi Melis AK ve Kimya Mühendisi Kübra ÖZGÜL'e teşekkür ederim.

FYL-2020-8243 No'lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi Başkanlığı'na ve idari işlerin yürütülmesinde yardımcı olan tüm çalışanlarına teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Sergen ÇETEBOZAN
ISPARTA, 2022

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Kurutma hızının süreyle değişimi.....	14
Şekil 3.1. Efervesan tablet üretim prosesinin akış şeması	19
Şekil 4.1. Yaş kazein karışımı üretimi	29
Şekil 4.2. Kurutma işlemi kütle denkliği	31
Şekil 4.3. Sodyum kazeinatın üretim ve kurutma işlemleri için kütle denkliği.....	32
Şekil 4.4. Kısmen kurutulmuş sodyum kazeinat karışımının kurutma işlemi sırasındaki kütle değişimi (50 °C & 2.seviye)	33
Şekil 4.5. 50 °C & 2.seviye kurutma koşullarında sodyum kazeinat karışımı için Henderson ve Pabis ince tabaka modelinin deneysel gösterimi.....	34
Şekil 4.6. 50 °C & 2.seviye kurutma koşullarında sodyum kazeinat karışımı için hesaplanan nem oranı ve olması gereken nem oranının Henderson ve Pabis modeli için kıyaslanması.....	34
Şekil 4.7. 50°C & 2.seviye kurutma koşullarında sodyum kazeinat karışımı için Page ince tabaka modelinin deneysel gösterimi	38
Şekil 4.8. 50°C & 2.seviye kurutma koşullarında sodyum kazeinat karışımı için hesaplanan nem oranı ve olması gereken nem oranının Page modeli için kıyaslanması.....	38
Şekil 4.9. 50°C & 2.seviye kurutma koşullarında sodyum kazeinat karışımı için Newton ince tabaka modelinin deneysel gösterimi	42
Şekil 4.10. 50°C & 2.seviye kurutma koşullarında sodyum kazeinat karışımı için hesaplanan nem oranı ve olması gereken nem oranının Newton modeli için kıyaslanması.....	42
Şekil 4.11. Fenolik içerikli ekstraktlar	45
Şekil 4.12. Yaş sodyum kazeinat.....	46
Şekil 4.13. Toz fenolik-sodyum kazeinat	46
Şekil 4.14. Fenolik-Sodyum kazeinat karışımının üretiminin akım şeması	46
Şekil 4.14. Efervesan tabletin oluşturulmasında kullanılan kalıp düzeneği	48
Şekil 4.15. Efervesan tabletlerin kalıp sonrası görüntüleri	48
Şekil 4.16. ZET'in çözülme süresi için tahmini ve deneysel değerlerin Karşılaştırılması	51
Şekil 4.17. ZET çözünme süresi için üç boyutlu yüzey grafikleri (a) AB parametrelerinin ikili etkisi, (b) AC parametrelerinin ikili etkisi, (c) BC parametrelerinin ikili etkisi.....	52
Şekil 4.18. ZET'in fenolik miktarı için tahmini ve deneysel değerlerin Karşılaştırılması.....	54
Şekil 4.19. ZET fenolik içeriği için üç boyutlu yüzey grafikleri (a) AB parametrelerinin ikili etkisi, (b) AC parametrelerinin ikili etkisi, (c) BC parametrelerinin ikili etkisi	55
Şekil 4.20. TET'in çözünme süresi için tahmini ve deneysel değerlerin Karşılaştırılması	58

Şekil 4.21. TET çözünme süresi için üç boyutlu yüzey grafikleri (a) AB parametrelerinin ikili etkisi, (b) AC parametrelerinin ikili etkisi, (c) BC parametrelerinin ikili etkisi.....	59
Şekil 4.22. TET fenolik içeriği için tahmini ve deneysel değerlerin Karşılaştırılması.....	60
Şekil 4.23. TET fenolik içeriği için üç boyutlu yüzey grafikleri (a) AB parametrelerinin ikili etkisi, (b) AC parametrelerinin ikili etkisi, (c) BC parametrelerinin ikili etkisi.....	61
Şekil 4.24. NKET çözünme süresi için tahmini ve deneysel değerlerin Karşılaştırılması	64
Şekil 4.25. NKET çözünme süresi için üç boyutlu yüzey grafikleri (a) AB parametrelerinin ikili etkisi, (b) AC parametrelerinin ikili etkisi, (c) BC parametrelerinin ikili etkisi.	65
Şekil 4.26. NKET fenolik miktarı için tahmini ve deneysel değerlerin Karşılaştırılması	67
Şekil 4.27. NKET fenolik içeriği için üç boyutlu yüzey grafikleri (a) AB parametrelerinin ikili etkisi, (b) AC parametrelerinin ikili etkisi, (c) BC parametrelerinin ikili etkisi.....	68
Şekil 4.28. Optimum koşullarda üretilen efervesan tablet numunelerinin preslenmiş ve çözdürülmüş hallerinin görselleri	71
Şekil 5.1. Kazein ve sodyum kazeinat üretiminin akım şeması	75
Şekil C.1. 50°C ve 1.Seviye Henderson ve Pabis modeli.....	105
Şekil C.2. 50°C ve 1.seviye Henderson ve Pabis modelikurutma koşullarında sodyum kazeinat karışımı için hesaplanan nem oranı ve deneysel nem oranı kıyaslanması	105
Şekil C.3. 50°C ve 2.Seviye Henderson ve Pabis modeli.....	105
Şekil C.4. 50°C ve 2.seviye Henderson ve Pabis modeli kurutma koşullarında sodyum kazeinat karışımı için hesaplanan nem oranı ve deneysel nem oranı kıyaslanması	106
Şekil C.5. 50°C ve 3.Seviye Henderson ve Pabis modeli.....	106
Şekil C.6. 50°C ve 3.seviye Henderson ve Pabis modeli kurutma koşullarında sodyum kazeinat karışımı için hesaplanan nem oranı ve deneysel nem oranı kıyaslanması	106
Şekil C.7. 40°C ve 1.Seviye Henderson ve Pabis modeli.....	107
Şekil C.8. 40°C ve 1.seviye Henderson ve Pabis modeli kurutma koşullarında sodyum kazeinat karışımı için hesaplanan nem oranı ve deneysel nem oranı kıyaslanması	107
Şekil C.9. 40°C ve 2.Seviye Henderson ve Pabis modeli.....	107
Şekil C.10. 40°C ve 2.seviye Henderson ve Pabis modeli kurutma koşullarında sodyum kazeinat karışımı için hesaplanan nem oranı ve deneysel nem oranı kıyaslanması	108
Şekil C.11. 40°C ve 3.Seviye Henderson ve Pabis modeli.....	108
Şekil C.12. 40°C ve 3.seviye Henderson ve Pabis modeli kurutma koşullarında sodyum kazeinat karışımı için hesaplanan nem oranı ve deneysel nem oranı kıyaslanması	108
Şekil C.13. 30°C ve 1.Seviye Henderson ve Pabis modeli.....	109

Şekil C.14. 30°C ve 1.seviye Henderson ve Pabis modeli kurutma koşullarında sodyum kazeinat karışımı için hesaplanan nem oranı ve deneysel nem oranı kıyaslanması	109
Şekil C.15. 30°C ve 2.Seviye Henderson ve Pabis modeli.....	109
Şekil C.16. 30°C ve 2.seviye Henderson ve Pabis modeli kurutma koşullarında sodyum kazeinat karışımı için hesaplanan nem oranı ve deneysel nem oranı kıyaslanması	110
Şekil C.17. 30°C ve 3.Seviye Henderson ve Pabis modeli.....	110
Şekil C.18. 30°C ve 3.seviye Henderson ve Pabis modeli kurutma koşullarında sodyum kazeinat karışımı için hesaplanan nem oranı ve deneysel nem oranı kıyaslanması	110
Şekil C.19. 50°C ve 1.Seviye Page modeli.....	111
Şekil C.20. 50°C ve 1.seviye Page modeli kurutma koşullarında sodyum kazeinat karışımı için hesaplanan nem oranı ve deneysel nem oranı kıyaslanması	111
Şekil C.21. 50°C ve 2.Seviye Page modeli.....	111
Şekil C.22. 50°C ve 2.seviye Page modeli kurutma koşullarında sodyum kazeinat karışımı için hesaplanan nem oranı ve deneysel nem oranı kıyaslanması	112
Şekil C.23. 50°C ve 3.Seviye Page modeli.....	112
Şekil C.24. 50°C ve 3.seviye Page modeli kurutma koşullarında sodyum kazeinat karışımı için hesaplanan nem oranı ve deneysel nem oranı kıyaslanması.....	112
Şekil C.25. 40°C ve 1.Seviye Page modeli.....	113
Şekil C.26. 40°C ve 1.seviye Page modeli kurutma koşullarında sodyum kazeinat karışımı için hesaplanan nem oranı ve deneysel nem oranı kıyaslanması	113
Şekil C.27. 40°C ve 2.Seviye Page modeli.....	113
Şekil C.28. 40°C ve 2.seviye Page modeli kurutma koşullarında sodyum kazeinat karışımı için hesaplanan nem oranı ve deneysel nem oranı kıyaslanması.....	114
Şekil C.29. 40°C ve 3.Seviye Page modeli.....	114
Şekil C.30. 40°C ve 3.seviye Page modeli kurutma koşullarında sodyum kazeinat karışımı için hesaplanan nem oranı ve deneysel nem oranı kıyaslanması	114
Şekil C.31. 30°C ve 1.Seviye Page modeli.....	115
Şekil C.32. 30°C ve 1.seviye Page modeli kurutma koşullarında sodyum kazeinat karışımı için hesaplanan nem oranı ve deneysel nem oranı kıyaslanması	115
Şekil C.33. 30°C ve 2.Seviye Page modeli.....	115
Şekil C.34. 30°C ve 2.seviye Page modeli kurutma koşullarında sodyum kazeinat karışımı için hesaplanan nem oranı ve deneysel nem oranı kıyaslanması.....	116
Şekil C.35. 30°C ve 3.Seviye Page modeli.....	116

Şekil C.36. 30°C ve 3.seviye Page modeli kurutma koşullarında sodyum kazeinat karışımı için hesaplanan nem oranı ve deneysel nem oranı kıyaslanma	116
Şekil C.37. 50°C ve 1.Seviye Newton modeli.....	117
Şekil C.38. 50°C ve 1.seviye Newton modeli kurutma koşullarında sodyum kazeinat karışımı için hesaplanan nem oranı ve deneysel nem oranı kıyaslanma.....	117
Şekil C.39. 50°C ve 2.Seviye Newton modeli.....	117
Şekil C.40. 50°C ve 2.seviye Newton modeli kurutma koşullarında sodyum kazeinat karışımı için hesaplanan nem oranı ve deneysel nem oranı kıyaslanma	118
Şekil C.41. 50°C ve 3.Seviye Newton modeli.....	118
Şekil C.42. 50°C ve 3.seviye Newton modeli kurutma koşullarında sodyum kazeinat karışımı için hesaplanan nem oranı ve deneysel nem oranı kıyaslanma	118
Şekil C.43. 40°C ve 1.Seviye Newton modeli.....	119
Şekil C.44. 40°C ve 1.seviye Newton modeli kurutma koşullarında sodyum kazeinat karışımı için hesaplanan nem oranı ve deneysel nem oranı kıyaslanma	119
Şekil C.45. 40°C ve 2.Seviye Newton modeli.....	119
Şekil C.46. 40°C ve 2.seviye Newton modeli kurutma koşullarında sodyum kazeinat karışımı için hesaplanan nem oranı ve deneysel nem oranı kıyaslanma	120
Şekil C.47. 40°C ve 3.Seviye Newton modeli.....	120
Şekil C.48. 40°C ve 3.seviye Newton modeli kurutma koşullarında sodyum kazeinat karışımı için hesaplanan nem oranı ve deneysel nem oranı kıyaslanma	120
Şekil C.49. 30°C ve 1.Seviye Newton modeli.....	121
Şekil C.50. 30°C ve 1.seviye Newton modeli kurutma koşullarında sodyum kazeinat karışımı için hesaplanan nem oranı ve deneysel nem oranı kıyaslanma	121
Şekil C.51. 30°C ve 2.Seviye Newton modeli.....	121
Şekil C.52. 30°C ve 2.seviye Newton modeli kurutma koşullarında sodyum kazeinat karışımı için hesaplanan nem oranı ve deneysel nem oranı kıyaslanma	122
Şekil C.53. 30°C ve 3.Seviye Newton modeli.....	122
Şekil C.54. 30°C ve 3.seviye Newton modeli kurutma koşullarında sodyum kazeinat karışımı için hesaplanan nem oranı ve deneysel nem oranı kıyaslanma	122

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Süt içerisinde bulunan biyoaktif bileşenler.....	7
Çizelge 2.2. Gıda kurutma proseslerinde yer alan matematiksel modeller.....	16
Çizelge 3.1. Box-behnken deney dizaynı parametreleri	22
Çizelge 4.1. Süt ve PAS'ın ortalama yoğunlukları ve kuru madde miktarları	28
Çizelge 4.2. Kazein karışımının kuru madde ve nem miktarı	30
Çizelge 4.3. Yaş ve kuru sodyum kazeinat karışımı üretiminin verimleri.....	32
Çizelge 4.4. Henderson-Pabis kurutma modeli bulguları.....	35
Çizelge 4.5. Page kurutma modeli bulguları	39
Çizelge 4.6. Newton kurutma modeli bulguları	43
Çizelge 4.7. Box-Behnken deney dizaynında kullanılan A, B ve C parametre kombinasyonları.....	47
Çizelge 4.8. Efervesan tablet bileşenlerinin miktarları	47
Çizelge 4.9. ZET'in çözünme süresi için ANOVA verileri.....	49
Çizelge 4.10. ZET'in çözünme süresi için uygun görülmeyen kübik modele ait ANOVA verileri	50
Çizelge 4.11. ZET'in çözünme süresi için uygun görülmeyen kuadratik modele ait ANOVA verileri	50
Çizelge 4.12. ZET'in fenolik miktarı için ANOVA verileri	53
Çizelge 4.13. ZET çözeltilerinin belirlenen diğer özellikleri	56
Çizelge 4.14. TET'in çözünme süresi için ANOVA verileri.....	57
Çizelge 4.15. TET fenolik içeriği için ANOVA verileri	60
Çizelge 4.16. TET için belirlenen diğer özellikleri	62
Çizelge 4.17. NKET'in çözünme süresi için ANOVA verileri.....	64
Çizelge 4.18. NKET fenolik miktarı için ANOVA verileri.....	66
Çizelge 4.19. NKET çözeltilisinin belirlenen özellikleri	69
Çizelge 4.20. Optimum koşullarda üretilen efervesan tablet numunelerinin Bileşenleri.....	70
Çizelge 4.21. Optimum koşullarda üretilen efervesan tablet çözeltilerinin panelist değerlendirme sonuçları	72
Çizelge 4.22. Şeker analizinin sonuçları	72
Çizelge 4.23. Fenolik bileşen sonuçları.....	73
Çizelge 4.24. Element analizinin sonuçları	74
Çizelge 5.1. Kurutma işleminde kullanılan modellerin istatistiksel değerlerinin karşılaştırılması.....	76
Çizelge 5.2. Efervesan tabletlerin duyu analizi sıralamaları	78
Çizelge A.1. Süt ve PAS'ın piknometre içerisindeki ağırlıkları	90
Çizelge A.2. Süt için kuru madde analizi.....	90
Çizelge A.3. PAS için kuru madde analizi.....	90
Çizelge A.4. Üretilen yaş kazein karışımı miktarı.....	90
Çizelge A.5. Kuru kazein karışımı ve nem miktarı	91

Çizelge A.6. Sodyum kazeinatın kuru madde analizi.....	91
Çizelge A.7. Yaş Sodyum Kazeinatın Kısmen Kurutulması.....	91
Çizelge A.8. Kuru Soydam kazeinat karışımının üretiminin kütle denkliği için veriler	91
Çizelge A.9. Box-Behnken deney dizaynına göre ZET Çözünme süresi	92
Çizelge A.10. Box-Behnken deney dizaynına göre ZET pH değerleri	92
Çizelge A.11. Box-Behnken deney dizaynına göre ZET toplam asitlik analizi için harcan NaOH miktarları.....	92
Çizelge A.12. Box-Behnken deney dizaynına göre ZET viskozite analizi için süre değerleri.....	92
Çizelge A.13. Box-Behnken deney dizaynına göre ZET yoğunluk analizi için piknometre içerisindeki numune ağırlıkları.....	93
Çizelge A.14. Box-Behnken deney dizaynına göre ZET için kuru madde analizi kroze ağırlıkları.....	93
Çizelge A.15. Box-Behnken deney dizaynına göre ZET'in şeker analizi için UV-Spektrometre'de okunan ABS değerleri	93
Çizelge A.16. Box-Behnken deney dizaynına göre ZET'in folin miktarı için UV-Spektrometre'de okunan ABS değerleri.....	94
Çizelge A.17. Box-Behnken deney dizaynına göre TET Çözünme süresi.....	94
Çizelge A.18. Box-Behnken deney dizaynına göre TET pH değerleri	94
Çizelge A.19. Box-Behnken deney dizaynına göre TET toplam asitlik analizi için harcan NaOH miktarları	95
Çizelge A.20. Box-Behnken deney dizaynına göre TET viskozite analizi için süre değerleri.....	95
Çizelge A.21. Box-Behnken deney dizaynına göre TET yoğunluk analizi için piknometre içerisindeki numune ağırlıkları	95
Çizelge A.22. Box-Behnken deney dizaynına göre TET için kuru madde analizi kroze ağırlıkları	96
Çizelge A.23. Box-Behnken deney dizaynına göre TET'in şeker analizi için UV-Spektrometre'de okunan ABS değerleri.....	96
Çizelge A.24. Box-Behnken deney dizaynına göre TET'in folin miktarı için UV-Spektrometre'de okunan ABS değerleri.....	96
Çizelge A.25. Box-Behnken deney dizaynına göre NKET Çözünme süresi	97
Çizelge A.26. Box-Behnken deney dizaynına göre NKET pH değerleri.....	97
Çizelge A.27. Box-Behnken deney dizaynına göre NKET toplam asitlik analizi için harcan NaOH miktarları	97
Çizelge A.28. Box-Behnken deney dizaynına göre NKET viskozite analizi için süre değerleri.....	97
Çizelge A.29. Box-Behnken deney dizaynına göre NKET yoğunluk analizi için piknometre içerisindeki numune ağırlıkları.....	98
Çizelge A.30. Box-Behnken deney dizaynına göre NKET için kuru madde analizi kroze ağırlıkları	98
Çizelge A.31. Box-Behnken deney dizaynına göre NKET'in şeker analizi için UV-Spektrometre'de okunan ABS değerleri	98
Çizelge A.32. Box-Behnken deney dizaynına göre NKET'in folin miktarı için UV-Spektrometre'de okunan ABS değerleri	99

Çizelge B.1. Yaş sodyum kazeinat karışımının kütle denkliğinde kullanılan veriler	102
Çizelge C.1. Kübik modele ait ANOVA verileri (ZET çözünme süresi).....	123
Çizelge C.2. Kuadratik modele ait ANOVA verileri (ZET çözünme süresi)	123
Çizelge C.3. Linear modele ait ANOVA verileri (ZET fenolik miktarı)	124
Çizelge C.4. Kuadratik modele ait ANOVA verileri (ZET fenolik miktarı).....	124
Çizelge C.5. Kübik modele ait ANOVA verileri (ZET fenolik miktarı)	125
Çizelge C.6. Kuadratik modele ait ANOVA verileri (TET çözünme süresi)	125
Çizelge C.7. Kübik modele ait ANOVA verileri (TET çözünme süresi)	126
Çizelge C.8. Kübik modele ait ANOVA verileri (TET fenolik miktarı)	127
Çizelge C.9. Kuadratik modele ait ANOVA verileri (TET fenolik miktarı).....	127
Çizelge C.10. Kübik modele ait ANOVA verileri (NKET çözünme süresi).....	128
Çizelge C.11. Kuadratik modele ait ANOVA verileri (NKET çözünme süresi)	128
Çizelge C.12. Kübik modele ait ANOVA verileri (NKET fenolik miktarı)	129
Çizelge C.13. Kuadratik modele ait ANOVA verileri (NKET fenolik miktarı)	129
Çizelge C.14. Referans efervesan tabletlerin analiz sonuçları	130

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

R_{adj}^2	Ayarlanmış R-kare “Adjusted R-Squared”
R_{pred}^2	Ön görülen R-kare “Predicted R-Squared”
°C	Santigrat derece
ANOVA	Varyans analizi “analysis of variance”
ACE	Anjiyotensin dönüştürücü enzim “anjiotensin coverting enzym”
C.V.	Varyasyon katsayısı “Coefficient of variation” (%)
CuSO ₄	Bakır (II) sülfat
DNA	Deoksiribo nükleik asit
E	0,1 M NaOH’in laktik asit eşdeğeri (0,09008)
F	Bazın normalite faktörü
FCR	Folin-Ciocalteu ayırıcı
H ₂ SO ₄	Sülfürik asit
HPLC	Yüksek performanslı sıvı kromatografisi “High performance liquid chromatography”
k	İnce tabaka kurutma model sabiti
M	Molarite (mol/L)
M ₀	Başlangıçtaki sodyum-kazeinat nem içeriği ($g_{nem}/g_{kuru\ madde}$)
M _c	Titre edilen numunenin miktarı (ml)
M _{de}	Sodyum-kazeinatın dengedeki nem içeriği ($g_{nem}/g_{kuru\ madde}$)
Mg	Miligram
MR	Boyutsuz nem oranı
MR _{cal,i}	Matematiksel modelden hesaplanan nem oranı
MR _{exp,i}	Deneysel olarak belirlenen nem oranı
M _t	Herhangi bir t anındaki sodyum-kazeinatın nem içeriği ($g_{nem}/g_{kuru\ madde}$)
N _x	Deneysel olarak belirlenen veri sayısı
n _x	Matematiksel modeldeki sabitlerin sayısı
N	Normalite (eşdeğer gram sayısı/litre)
n	İnce tabaka kurutma model sabiti
Na ₂ CO ₃	Sodyum karbonat
Na ₂ HAsO ₄ ·7H ₂ O	Disodyum hidrojen arsenat
Na ₂ SO ₄	Sodyum sülfat
NaHCO ₃	Sodyum bikarbonat
Na-K Tartarat	Potasyum sodyum tartarat
NaOH	Sodyum hidroksit
NKET	Nar kabuğu efervesan tablet
nm	Nanometre
PVP	Polivinilpolipirrolidon
R ²	Determinasyon katsayısı
rpm	Bir dakikada ki devir sayısı “Revolutions per minute”
RSS	Hatalarının kareleri toplamı
ROS	Reaktif oksijen türleri
TET	Tarçın efervesan tablet
UV-VIS	Ultraviyole ve görünür ışık
V	Hacim (ml)

V_h	Titrasyonda harcanan 0,1 M NaOH hacmi (ml)
ZET	Zerdeçal efervesan tablet
ρ	Yoğunluk (g/cm ³)
x^2	Uyumun iyilik derecesi (Ki-kare)
μ	Viskozite (Pa.s)



1. GİRİŞ

Gelişmiş ülkelerde, iki binde bir kişiden daha az sıklıkta görülen hastalıklar “nadir” olarak kabul edilmekte, günümüzde her ay yaklaşık 4-5 yeni nadir hastalık tanımlanmaktadır. “Nadir” hastalıklardaki artışın bile bu denli yüksek olduğu dünyamızda toplam hastalık çeşidi sayısı ise bilinmemektedir. Bireyin, gün içerisindeki yoğun iş temposundan dolayı öğünlerini genellikle besleyiciliği olmayan besinler ile geçiştirmesi ya da aldığı besinlerin yeterli olmaması, bağışıklık mekanizmasının düşük kalmasına neden olmaktadır. Bireylerin günlük öğünlerinde alması gereken tüm besin çeşitlerini dengeli bir hale getirmesi, bağışıklık mekanizmasını yüksek tutmasını ve dolaylı olarak da hastalıklara yakalanma riskinin kayda değer bir oranda düşmesini sağlayacaktır. Dünya Sağlık Örgütü, toplumlara kişilerin bireysel beslenmesini dengeli ve tam olarak gerçekleştirmesi için gerekli eğitim ve ekonominin sağlanmasının önemini özellikle vurgulamaktadır. Sağlık bilimciler ve Sağlık Örgütleri tarafından da sıklıkla dile getirilen beslenme-bağışıklık ilişkisi gıda bilimciler tarafından da “fonksiyonel gıdalar ve ek gıda ve/veya gıda takviyeleri” terimleriyle, 20.yy başlarından beri yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Günlük diyetle gıda formunda tüketilen, sentetik bileşen içermeyen, probiyotikler, prebiyotikler ve biyoaktif bileşenler gibi yapılarla kalp-damar rahatsızlıkları, kanser, yüksek tansiyon, kolesterol, şeker, ülser ve ishal gibi hastalıkların oluşma riskini azaltıcı, sağlığı ve iyi hali geliştirici özelliklere sahip gıdalar olarak tanımlanan fonksiyonel gıdalar ve ek gıda ve/veya gıda takviyelerinin kişinin bağışıklık, sinir, sindirim, hormon, solunum ve dolaşım sistemlerine faydalı oldukları bilinmektedir.

Bu tez çalışmasında, bireylerin bağışıklık mekanizmasını destekleyen farklı antioksidanlar ile biyoaktif peptit kaynağı olan sodyum kazeinat bileşenlerini birlikte içeren efervesan tablet prototiplerinin üretimi ve bu prototiplerin bazı özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Antioksidan içerikli sodyum-kazeinatın belirlenen koşullarda kurutma işlemi gerçekleştirilmiş ve literatürden seçilen kurutma modelleri kullanılarak, prosesi en iyi temsil eden model belirlenmiştir. Efervesan tablet prototiplerinin toplumsal kabul edilebilirliği de incelenmiş ve maliyet analizi yapılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Günümüzde bireylerin günlük diyetlerinde kullandıkları gıdalar ile sağlıkları arasındaki uyuma verilen önemin artmasıyla birlikte, fonksiyonel gıdalara ve gıda takviyelerine gösterilen ilgi de artmaktadır. Semt pazarları, marketler gibi çeşitli alışveriş yerlerinden tedarik edilip tüketilen gıdaların yapıları incelendiğinde, bu gıdaların sağlığa olumlu etken maddeler içerdiği zamanla keşfedilmiştir. Bu etken maddelerin içeriklerinin zenginleştirilmesiyle birlikte sağlığı olumlu yönde etkileyen yeni gıda ürünleri üretilmeye başlanmıştır. Hangi gıdanın nasıl bir etkisinin olduğu bilinmesi, bireylerin sağlıkları üzerinde daha fazla bilgi ve kontrol sahibi olmasını sağlamıştır. Dolayısıyla da, yiyecek ve içecek seçiminde fonksiyonel gıdalara ve gıda takviyelerine önem artmıştır. Bireyler arasında 'fonksiyonel gıda' ve 'takviye edici gıda' terimleri sıkça karıştırılmaktadır. Bu iki terim arasındaki temel fark, 'fonksiyonel gıdaların' klasik bilinen gıdalardan oluşması ve sağlığa olumlu etken maddeler ile zenginleştirilerek üretilen gıdalarken; 'takviye edici gıdaların' ise klasik yiyecek formunda olmayıp kapsül, toz, efervesan tablet gibi formlarda üretilen ve tüketilen gıdalar olmasıdır (GTBD, 2021).

2.1. Fonksiyonel gıdalar

Fonksiyonel gıda terimi ve üretimi ilk olarak seksenli yıllarda Japonya'da, ardından ise doksanlı yıllarda Amerika ve Avrupa'da yaygın bir hale gelmiştir. Fonksiyonel gıda bilimi, bireyin ihtiyacı olan temel besin bileşenlerinin karşılamasının yanı sıra; fizyolojisi ve metabolik fonksiyonları üzerinde olumlu yönde fayda sağlayan, dolaylı olarak ta kronik hastalıklara yakalanma riskini azaltan ve gündelik hayatta daha sağlıklı bir yaşam sağlayan besinler ve besin bileşenleri üretmeyi amaçlamaktadır (Güven ve Gülmez 2006). Günlük diyetinde gıda formunda tüketilen fonksiyonel gıdaların sağlığı koruyucu ve iyi hali geliştirici etkileri probiyotik mikroorganizma (*Lactobacillus acidophilus*, *L. fermentum*, *L. plantarum*, *L. rhamnosus*, *L. casei*, *Bifidobacterium longum*, *B. bifidum* ve *B. bereve suşları*) (Holzapfel vd, 2001; Sağdıç vd, 2004; Çakır ve Çakmakçı, 2004; Uylaşer, 2004); prebiyotik bileşenler (früktooligosakkaritler, galaktooligosakkaritler, ksilooligosakkaritler,

izomaltooligosakkaritler, laktosükroz, inülin ve diyet lifleri) (Roberfroid, 2007; Manning ve Gibson, 2004); ve biyoaktif bileşenler içermelerinden kaynaklanmaktadır. Geleneksel gıdalara bazı fitokimyasallar (bitki ekstraktların) eklenerek fonksiyonel içeriğinin zenginleştirilmesi, kanser riskini ve tansiyonu düşürmekte; biyoaktif peptitlerin eklenmesi (süt proteini) bağışıklık sistemini güçlendirmekte ve minerallerin biyolojik olarak kullanılabilirliğini artırmaktadır (Güven ve Gülmez 2006; Korhonen vd., 2006).

Biyoaktif bileşenler genellikle, düzensiz beslenmeden dolayı oluşan hastalıkları engellemek yerine, hücrel aktivasyon üzerinde olumlu bir etki göstererek hastalığa yakalanma riskini azaltabilen kimyasal bileşiklerdir (Arslaner ve Salık, 2019).

2.1.1. Antioksidan kaynaklı biyoaktif bileşenler

Son dönemlerde en çok tercih edilen fonksiyonel gıda bileşenlerinden birisi antioksidanlardır. Antioksidanlar, hücrelerdeki oksidatif hasarı önleyen, geciktiren veya ortadan kaldıran herhangi bir bileşik olarak tanımlanmaktadır (Halliwell ve Gutteridge, 1995; Meral vd. 2012). Bu antioksidanlar, oksidasyon sonucu oluşan, hücre hasarına ve ölümüne neden olan serbest radikalleri (reaktif oksijen türlerini (ROS)) nötrleştirirerek ve/veya oksidasyon reaksiyonlarını doğrudan inhibe ederek oksidatif stresi azaltırlar (Shebis vd. 2003). Serbest radikaller, hücrede meydana gelen oksidasyon ve redüksiyon reaksiyonları esnasında oluştuğu gibi çeşitli dış etkenlerle (virüsler, radyasyon, hava kirliliği, ultraviyole ışınları, sigara dumanı, enfeksiyon, stres, tüketilen sağlıksız toksik içerikli besinler, bazı zararlı kimyasallar, tarımsal ilaçlar) meydana gelebilir (Bolzan ve Bianchi, 1997).

Oksijen kullanan tüm organizmalarda; biyolojik moleküllerin oksidasyonunu önleyen çok çeşitli antioksidan bileşikler bulunmaktadır. Vücudun normal metabolik fonksiyonu içerisinde görev yapan Süperoksit dismutaz, glutatyon peroksidaz ve katalaz oksijen kullanımını sağlayan, en önemli enzimlerdendir. Bunlara destek olarak başta fenolik asit, askorbik asit, E vitamini, karotenoidler olmak üzere (indirgenmiş glutatyon,

albümin, seruloplazmin ve ferritin) birçok antioksidan bileşeni vücuda verilmelidir (Guo vd. 2003).

Fenolik maddeler, serbest radikalleri bağlayarak, metallerle şelat meydana getirir ve lipoksigenaz enzimini inaktive etmesiyle antioksidan etki göstermektedirler (Frankel, 1999). Bitkilerde antioksidan etkiden sorumlu olan temel bileşikler fenoliklerdir; basit fenolik maddeler ve polifenoller (flavonoidler ve flavonoid olmayanlar) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Gyawali ve Ibrahim 2014). Bitki ve meyvelerden elde edilen uçucu yağlar ve ekstraktlar antimikrobiyal ve antioksidan etkilerinin ana kaynağıdır. Gıdalarda kullanılan uçucu yağlar, terpenler, alkoller, asetonlar, fenoller, asitler, aldehitler ve esterler gibi bileşiklerin karışımını oluşturmaktadır. İlaçlarda fonksiyonel özelliğin sağlanması için, gıdalarda ise aroma artırıcı ve/veya antimikrobiyal bileşik olarak kullanılmaktadırlar (Burt, 2004; Corbo vd., 2009).

Flavonoidler, polifenolik bileşiklerin alt grubu olup çoğu bitkinin tohum, yaprak, meyve ve çiçeklerinde yoğun olarak bulunmaktadır. Antiinflamatuvar, antialerjik, antimikrobiyal ve antiviral etkiler gösteren bu bileşikler, çoğu bitkisel kökenli ilaçlarda bulunmaktadır. Flavonoidlerin hidroksil radikallerini, lipid peroksit radikallerini ve süperoksit anyonlarını tuttuğu birçok çeşitli araştırmalar ile literatürde ispatlanmıştır (McClure vd.,1986).

Sebze, meyve ve baharatlardan ekstrasyon yöntemi ile elde edilen doğal antioksidanların güvenilir ve olumsuz bir yan etki içermemesi gibi avantajlarından dolayı sentetik antioksidanlara (BHA (Butillenmiş hidroksi anisol), BHT(Butillenmiş hidroksi tolüen), PG (Propil gallat) ve TBHQ (Tersiyer butil hidrokinon)) göre daha çok tercih edilmektedirler (Yılmaz 2010; Tozoğlu,2011). Özellikle bu tür gıdalarda bulunan flavonoidler güçlü doğal antioksidan etkiye sahiptirler ve bireyin diyabet, kanser, kronik hastalıklar, ateroskleroz, romatoid artrit ve nörodejeneratif gibi hastalıkların görülme sıklığı ve ölüm oranlarındaki düşüşe pozitif yönde etki ettiği epidemiyolojik ve klinik çalışmalar ile ispatlanmıştır (Cerhan vd, 2003; de Kok vd, 2010; Esposito vd. 2002; Ford ve Mokdad, 2001; Hertog vd. 1993; KrisEtherton vd, 2002). Ancak, doğal olanları yerine sentetik antioksidanları kullanan bazı gıda endüstrilerinin üretmiş

olduğu ürünler karsinojenik etkiye sebep olabilmektedir (Shebis vd. 2003). Yukarıda da belirtildiği üzere, insan sağlığını olumlu yönde etkileyen doğal antioksidanlar ve antioksidan içerikli gıda takviyelerinin flavonoid bazlı olanlarının tüm dünyada üretimi oldukça az, ülkemizde ise mevcut değildir.

Bugüne kadar Sibel Yiğitarıslan ve öğrencileri 24 farklı bitkinin fenolik içerikleri üzerine çalışmış; biberiye, nar meyvesi kabuğu, at kestanesi kabuğu, zerdeçal ve tarçının en çok antioksidan içeriği ve/veya çeşitliliğine sahip olduğunu belirlemişlerdir (Ozgun vd.,2016; Ozgul vd., 2019; Erkaç vd., 2018; Demirel vd., 2016; Hesap, 2018).

Halk arasında tarçın, darçın, loğusa ve şerbet kokusu gibi isimler ile bilinmektedir, latince karşılığı ise *Cinnamomum lauraceae*'dir. Tarçının bileşiminde yüksek oranda fenolik maddeler, tanen ve %1-2 oranında uçucu yağ bulunmaktadır (Gürson ve Özçelikay, 2005). Baharat ve koku verici olarak kullanılan tarçın aynı zamanda antiseptik, gaz sökücü ve kabızlığı önleyici özelliklere de sahiptir (Maman, 2018). Sağlık yönünden tarçın yıllardır, vücut direncinin düşüklüğü, mide rahatsızlıkları, kalp zayıflığı, nezle, soğuk algınlığı ve ishal gibi rahatsızlıklarda çözüm olarak kullanılmıştır (Gürson ve Özçelikay, 2005; Tonbak ve Çiftçi 2012).

Burnaz vd. 2018 yılında yapmış oldukları “Tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanımı ile ekmeğin fenolik madde içeriğinin zenginleştirilmesi” adlı çalışmada; tarçın ve zerdeçalın toplam fenolik içeriğinin zengin olmasından dolayı, fonksiyonel ekmek yapımında kullanılabilirliğini ispatlamışlardır. Çalışmada toplam fenolik miktarı Folin-Ciocalteu yöntemi ile gerçekleştirmişlerdir.

Helal ve Tagliazucchi 2018 yılında yaptıkları çalışmada, yoğurt içerisine tarçın tozu ve tarçın ekstraktı ekleyerek, yoğurdun fonksiyonel içeriğini ve biyoyararlılığını artırmışlardır. Tarçın takviyeli yoğurtta fenolik asitler, flavonoller ve sinmaldehit tespit etmişlerdir. Tarçın ile kuvvetlendirilmiş yoğurt, sade yoğurt ile karşılaştırdıklarında daha yüksek toplam fenolik içerik ($P < 0.05$) ve daha yüksek radikal temizleme aktivitesi ($P < 0.05$) sergilediği sonucuna varmışlardır.

Latince ismi *Curcuma longa* L. olan zerdeçal ise zencefil ailesine aittir. Zerdeçalın olgunlaşma evresinden sonra kök kısmı topraktan çıkarılır, pişirme işlemi uygulanarak kurutulduktan sonra ürün öğütülerek toz formuna getirilir. Zerdeçal genellikle Güney Asya’da yetiştirilen, çok yıllık otsu bir bitkidir (Aksu Kapucu 2012). Gıda ürünlerinde sıklıkla renk vermek amacıyla kullanılan zerdeçal, antioksidan etkisi olan kurkumini içermesinden dolayı da baharatlar arasında önemli bir yere sahiptir (Çoban ve Patır 2010). Kurkuminin, antitümör, antioksidan, antiartrit, antimikrobiyel, yara iyileştirici, bağışıklık sistemi güçlendirici ve kardiyovasküler sistem koruyucu gibi çeşitli fonksiyonel etkilerinin olduğu yapılan çalışmalarda kanıtlanmıştır. Kurkumin, çağımızın iki büyük hastalığı olan kanser ve Alzheimer’a karşı da etkili bir antioksidan bileşendir (Ravindranath ve Chandrasekhara, 1980; Negi vd., 1999; Sidhu vd., 2002; Robinson vd., 2003; Gopinath vd., 2004; Maheshwari vd., 2006; Anand vd., 2008; Rudrappa ve Bais, 2008; Naksuriya vd., 2014; Karaman ve Köseler, 2017).

Nar meyvesi (*Punica granatum* L.) antioksidan etkisi yüksek ve aynı zamanda fenolik maddeler, vitaminler, mineraller, organik asitler, antosiyaninler gibi bireyin sağlığını pozitif yönde etkileyen birçok bileşene sahiptir (Ergin, 2019). Nar meyvesi kabuk ve iç meyve kısımlarından oluşmaktadır. Li ve arkadaşları 2006 yılında yayınlamış oldukları çalışmada, nar kabuğu ve meyve özünün ekstraksiyonu sonucu elde ettikleri (toplam fenolik, flavonoid, proantosiyanın ve askorbik asit) bileşenlerinin miktarlarını karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak nar kabuğundan elde edilen bileşenlerin miktarlarının meyve özünden elde edilene göre daha yüksek olduğu sonucuna varmışlardır.

Nar meyvesinin belirtilen fonksiyonel bileşenlerinden dolayı; kalp-damar rahatsızlıkları, kanser, diyabet gibi günümüzde çok sık rastalanan kronik hastalıklara karşı korunmada etkisi büyüktür (Mphahlele vd., 2016). Demir ve arkadaşları 2019 yılında yaptıkları çalışmada, nar kabuğunun antioksidan, antimikrobiyel, antidiyabetik, antienflamatuar ve sitotoksik özelliklerini araştırmışlardır. Nar kabuklarının belirledikleri parametrelerde ekstraksiyonunu gerçekleştirerek toplam fenolik miktarını Folin-Ciocalteu yöntemi ve bileşik içeriğini kantitatif olarak HPLC’de tanımlamışlardır. Nar kabuğu ekstraktının toplam fenolik ve toplam flavonoid

miktarlarını sırasıyla 540,26±0,2 mg/g ve 22,01±0,1 mg/g olarak bulmuşlardır. Çalışmanın sonucunda nar kabuğu ekstraktının belirlenen fonksiyonel etkileri ile gıda içeriğinin zenginleştirilmesinde fonksiyonel ve/veya gıda takviyelerinde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

2.1.2. Süt Proteini Kaynaklı Biyoaktif Peptitler

Başta yeni doğan, bebek ve çocukların gelişiminde olmak üzere yediden yetmişe tüm bireylerin diyetinde yeterli miktarda, yapısında çeşitli biyoaktif bileşenleri barındıran, süt ve süt ürünlerini tüketmesi gerekmektedir (Arslaner ve Salık; 2019). Proteinler, yapısında bulundurduğu esansiyel aminoasit grubu ve zincirinin uzunluğuna bağlı olarak değişen makro besinlerdir (Arslaner ve Salık; 2019). İçerdiği biyoaktif peptitler sayesinde süt proteininin, bireyin genel sağlığını pozitif yönde etkilemesi ve kronik hastalıkların oluşma riskini kayda değer ölçüde azalttığı literatürde ispatlanmıştır (Korhonen vd., 2006). Tüm yaş gruplarının sağlığı için pozitif etksi bulunan biyoaktif peptitlerin; kardiyovasküler sistemde antihipertansif, antitrombatik ve antioksidatif etki, sinir sisteminde opioid etki, bağışıklık sisteminde immünomodülatör etki ve gastrointestinal sistemde ise mineral bağlayıcı ve antimikrobiyel etki gibi özelliklere sahip olduğu bilinmektedir (Korhonen vd., 2009). Süt içerisinde yer alan doğal biyoaktif bileşenler çizelge 2.1’de yer almaktadır.

Çizelge 2.1. Süt içerisinde bulunan biyoaktif bileşenler (Ay ve Şanlı, 2018)

Biyoaktif Peptit	Öncü Protein	Biyoaktivite
Kasomorfinler	α-β-Kazein	Opioid Etki
α-Laktorfin	α-Laktoalbümin	Opioid Etki
β-Laktorfin	β-Laktoglobulin	Opioid Etki
Laktoferoksinler	Laktoferrin	Opioid Etki
Kasokinler	k-Kazein	Opioid Etki
Kasokininler	α-β- Kazein	ACE- İnhibitörü
Immunopeptitler	α-β- Kazein	İmmunomodulatör
Laktoferrisinler	Laktoferrin	Antimikrobiyal
Kasoplatelinler	k-Kazein, transferin	Antitrombotik
Fosfopeptitler	α-β- Kazein	Mineral bağlayıcı

Antihipertansif peptitlerin veya bir diğ er ismiyle ACE (anjiyotensin d on         enzim, “angiotensin converting enzyme”) inhibitör peptitlerinin, bireyin v  c t içerisindeki kan basıncının ve su dengesinin ayarlanması gibi fonksiyonel özellikleri vardır (Takano, 1998). Kan basıncını d        özelliği, birincil  l   de tansiyon hastaları için önemlidir (Ay ve  anlı, 2018). Trombositlerin yüzeyindeki glikoprotein reseptörlerine fibrinojenin bağlanması  nleyerekte de antitrombotik (damar tıkanıklığı önleyici) etki gösterir (Silva ve Malcata, 2005; Ay ve  anlı, 2018). Sütten elde edilen kazeinlerin serbest radikalleri bağlayıcı ve oksidatif hasarı engelleyici özelliklerinden dolayı antioksidatif etki gösterdiği ve bundan dolayı da kronik rahatsızlıkların oluşma riskini azalttığı ve/veya önlediği bildirilmektedir (Solieri vd., 2015). Antioksidan peptitler, gıdaların oksidasyonunu engelliyerek daha uzun süre rafta dayanabilmelerini (raf ömrünü) de sağlar (De Gobba vd., 2014). Fizyolojik olarak faydalı olan fosfopeptitlerin mineral bağlayıcı etkisiyle; di       lerinin, hipertansiyon, osteoporozun ve aneminin oluşma riskini azalttığı da bilinmektedir (Korhonen ve Pihlanto-Lepp  , 2006). Gündelik yaşamda süt ve süt ürünleri tüketilmesi ya da emzirilen bebeklerin anne sütü içmesinden sonra sakinle ip kolayca uyuması, sütün içerisinde bulunan opioid peptitler sayesinde gerçekleştiği bilinmektedir. Dolayısıyla, opioid peptitlerin bireyin sinir sistemi üzerinde pozitif etki gösterdiği yapılan çalışmalar doğrultusunda kanıtlanmıştır (Clare ve Swaisgood, 2000; Korhonen ve Pihlanto-Lepp  , 2006; Ay ve  anlı, 2018). Bağışıklık sistemini pozitif yönde etkileyen immunopeptitler ürettiği antikorlar ile doza bağlı olarak değişiklik gösteren uyarıcı veya baskılayıcı biyopeptitlerdir (Ay ve  anlı 2018).

Süt proteinleri, kazein (lor) ve serum proteinleri (peyniraltı suyu) olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır (Severin ve Wenshui, 2005). Süt proteinlerinin %80’inini misel parçacıklarında bulunan kazein (α s-1, α s-2, β ve k-kazein) ve inorganik maddelerin (kalsiyum, magnezyum, fosfat, sitrat, potasyum) kompleksi oluşturmaktadır. Bu komplekse sahip olmasından dolayı da, kazein proteini fosfoprotein olarak kabul edilmektedir (Fox and McSweeney, 1998). Kazein misalleri asitliğe karşı çok hassastır, süt içerisine asetik asit ve hidroklorik asit gibi bir asit eklendiğinde, yukarıda belirtilen kompleks ayrışmaya ba lar. Yaklaşık pH 5,3 değerinde kazein çökelmesi ba lar ve

izoelektrik noktada (pH 4,6-4,7) maksimum çökelme meydana gelir. İzoelektrik noktaya ulaşan çözeltide tüm kalsiyum çözünmüş olur ve fosfat serbest bırakılmış halde kalır (Özdemir ve Özcan, 2019.). Kazeinat kompleksi ile tercih edilen asit arasındaki reaksiyon anlık değildir ve pH değeri yavaş yavaş yükselir. Bundan dolayı denge koşullarının sağlanması için belirli bir süre tanınmalıdır ve eklenen asit, çözelti içerisinde homojen bir şekilde dağılabilmesi için düşük karıştırma hızında karıştırılmalıdır. Süt içerisindeki kazeinlerin asitle çökeltilmesi için asetik asit, hidroklorik asit veya laktik asit kullanılmaktadır. Bu işlemdeki asit seçimi maliyet göz önünde bulundurularak yapılmalı ve analitik saflıkta kullanılmalıdır. Kullanılan asitin derecesi ne kadar düşük olursa, oluşacak kazeinlerin kalitesi de doğru orantılı olarak artar (Sawale, 2016). Çökme işleminde önemli bir diğer etken sıcaklıktır ve kolloidal durumunu yitiren miseller, ısı enerjisi sayesinde birbirleriyle çarpışarak daha büyük parçacıklara sahip kazeinler oluşmasını sağlar. Maksimum çökelme 38°C'in üzerinde gerçekleşmektedir, 40-43°C aralığında çöken kazein partikülleri, lifli, topaklı ve serttir, ince parçacık içermez ve peynir altı suyuna kazein parçacıkları karışmadan kolaylıkla ayrılır. 35°C'den düşük sıcaklıklarda çökelen kazein çok yumuşak ve ince yapıda oluşur, dolayısıyla buda istenmeyen bir durumdur. Sıcaklığın 10°C'den düşük veya 65°C'den yüksek değerlerde çalışılması pıhtılaşma işlemine izin vermez (Fox ve Brodtkorb, 2008; Sawale, 2016; Younes, 2017).

Kazeinat, yeni işlem görmüş yaş asit kazein çökeleğinin veya kurutma işlemi uygulanmış asit kazeininin, seyreltik bazik çözeltilerle reaksiyona sokularak üretimi gerçekleştirilen protein çeşididir. Kazeinatlar başta sodyum kazeinat ve kalsiyum kazeinat olarak yaygın olarak gıda proseslerinde kullanılmaktadır. Sodyum kazeinatlar kullanıldığı gıdanın protein içeriğini zenginleştirmesi ve bunun sonucunda besinsel ve çeşitli fonksiyonel özelliklerini barındırmasından dolayı tercih edilmektedir (Sawale, 2016). Sodyum kazeinatların kullanımı FAO ve WHO tarafından da desteklenmektedir. Süt ve süt ürünlerinden üretilen yoğurt ve peynir yapımında, unlu mamüllerin protein içeriğini zenginleştirilmesinde, sucuk, sosis gibi et ürünlerinin (işlenmiş gıdaların) dağılmasını önlemek amacıyla ve raflarda paketli halde bulunan gıdaların raf ömrünü artırmada çeşitli alanlarda kullanılmaktadır (Güven vd., 2006; Sarıoğlu ve Öner, 2006). Sodyum kazeinat üretiminde, yaş kazein kullanılması hem

daha yumuşak aroma sağlamasından hemde daha düşük maliyet sunduğundan dolayı daha çok tercih edilmektedir. Çünkü sodyum kazeinat üretmek için kuru kazein kullanılması, daha önceden kurutma işlemi uygulanması, toz haline getirilmesi için öğütülmesi, nemlenmemesi için paketlenmesi ve ara ürünün depolanması gibi üretici firmaya ek maliyetler çıkaracaktır (Sawale, 2016). Proses içerisindeki taze yaş kazein içerisine 2,5 M çözelti halindeki sodyum hidroksit ilave edilerek çözeltinin pH'ı 6,6-7,0'a ulaşana kadar çözdürülür, sonrasında elde edilen ürün kurutulup ve öğütülerek sodyum kazeinatın üretimi gerçekleştirilir. Gerekli baz özellikteki çözeltinin miktarı genellikle kullanılan kazeinatın ağırlığının %1,7-2,2'si kadar olmalıdır. Alkali özellikte çeşitli kimyasallarıda üretim içerisinde kullanmak mümkündür fakat gerekli miktar ve maliyeti sodyum hidroksitinden daha yüksek olmasından dolayı tercih edilmemektedir (Sawale, 2016).

2.2. Gıda Takviyeleri

Halk arasında alternatif tıp olarak adlandırılan bitkisel kaynaklı tedavi, Uzak Doğu ülkelerinde yaygın kullanılmaktadır. Günümüzde ise geleneksel gıdaların bireyin beslenmesinde yetersiz kalmasından ve sağlık üzerine olan bilincin artmasından dolayı bu sektöre ilgi artmakta, Avrupa ve Amerika ülkelerinde de gün geçtikçe gıda takviyesi pazarı genişlemektedir (Coppens vd., 2006; Ersöz, 2012). Bu tarz ürünler, başta vitamin-mineral olmak üzere, sporcu ve zayıflama gibi amaçlarla üretilen geniş ve spesifik bir yelpazeye sahiptir (Ersöz, 2012).

Bireyin gündelik beslenmesinde alması gereken besin miktarını karşılamak amacıyla, gıda takviyelerinde makro (protein, yağ ve karbonhidrat), mikro (vitamin ve mineral), lif, yağ asidi ve aminoasit gibi besin çeşitlerini veya fonksiyonel etkileri bulunan bitkisel ve hayvansal kaynaklı biyoaktif maddeler kullanılmaktadır. Bu bileşiklerin konsantre veya ekstraktlarının kapsül, tablet, pastil, efervesan tablet, sıvı ampul, damlalık şişe ve toz paket gibi formları, bireyin günlük alması gereken maksimum noktayı geçmeyecek şekilde üretilmiş çeşitli ürünlerdir (Atalay ve Erge, 2018).

Tüm dünyada ve ülkemizde yapılan araştırmalar sonucu, üretimi ve tüketim miktarı en yüksek olan gıda takviyelerinin mineral içerikli ve/veya multivitaminler olduğu kanısına varılmıştır (Atalay ve Erge, 2018). Bayer firması tarafından üretilen Supradyn marka mineral ve multivitamin komplekslerini içeren efervesan tabletler, film kaplı tabletler ve toz formunda gıda takviyeleri de piyasada bulunmaktadır (Supradyn, 2021). Herbalife Nutrition firması tarafından, mineral-vitamin içerikli efervesan tablet, omega3, makro ve mikro besin içerikli öğün yerine geçen toz karışım, antioksidan etkiye sahip bitkisel toz çay, film kaplı vitamin-mineral tabletleri, lif içerikli toz karışımlar ve sporcu beslenmesi için elzem aminoasit ve vitamin-mineral içeren toz karışım gibi çeşitli gıda takviyeleri üretilmektedir (Herbalife, 2021).

2.3. Efervesan Tabletler

Efervesan tabletler oluşturuldukları formülüzasyon nedeniyle, çözücü bir sıvı içerisinde atıldığında asit-baz reaksiyonu gerçekleştirerek çözünen ve gaz baloncukları oluşturan bir gıda takviyesi formudur. Bireyin fizyolojisi için gerekli bileşenleri yeterli dozda içeren efervesan tabletler, kolayca çözündüğünde daha hızlı eriyecek ve daha verimli bir emilim gerçekleşecektir. Efervesan tablet formunun diğer gıda takviyeleri olan hap, film kaplama gibi formlarına göre bir takım avantajlara sahip olması (yutma zorluğunun olmaması, daha iyi bir emilim, uygun ilaç dozunun sağlanması) tercih edilebilirliğini artırmaktadır.

Efervesan tabletin içerisinde bulunan organik asit ve alkali özellikteki bir bileşenin su içerisinde (17-20°C) reaksiyona girmesi sonucu oluşan hava kabarcıkları, karbondioksit salımı ile gerçekleşmektedir (Tiand ve Biand, 2004). Organik asit olarak maliyetinin diğer asitlere göre (fumarik, tartarik ve malik) daha ucuz olması sebebiyle genellikle halk arasında limon tuzu olarak bilinen sitrik asit tercih edilmektedir. Bazik özelliği sağlayan bileşen olarak ise potasyum karbonat, bikarbonat ve sodyum karbonat tercih edilmektedir. Sodyum karbonat, yüksek çözünürlük ve düşük maliyette bulunmasından dolayı ilk sırada tercih edilmektedir. Efervesan tabletin kullanıcı bakımından tercih edilebilirliğini artırmak için gıda boyası, aromalar,

homojen görünüm ve aşırı köpüklenmenin engellenmesi için çeşitli tüketilebilir katkı maddeleri de kullanılmaktadır (Mohrle vd., 1989).

Bağlayıcı maddeler, tablet formu üretilirken etken ve yardımcı maddelerin birbirine bağlanması ve tabletin basıldıktan sonra fiziksel bütünlüğünün bozulmaması için kullanılan yardımcı maddelerden bir tanesidir. Formülüzasyon içerisinde kullanılan bağlayıcılar (arap zımkı, zıtre zımkı, jelatin, nişasta, polivinilpirolidin (PVP) ve sodyum aljinat) efervesan tabletin çözünme süresi, karakteristik özelliklerini ve dağılma süresini etkilemektedir (Naser, 2011). Efervesan tabletin bileşenleri için bağlayıcı görev üstlenen PVP, kuru toz veya sulu formlarda satılmaktadır (Tokuoglu, 2019).

Bayer firması tarafından üretilen bir efervesan tablet ürününün formülüzasyonu, etkin maddeler olarak asetilsalisilik, sitrik asit ve sodyum bikarbonat; yardımcı materyal olarak ise PVP, dimetil polisiloksan, kalsiyum silikat, dioktilsodyum sulfosuksinat, sodyum benzoat, sodyum sakkarin, naturel ve suni limon aroması, doğal ve suni misket limonu aroması içermektedir (Supradyn, 2021).

Herbalife marka efervesan tablet içerisinde de sitrik asit, sodyum bikarbonat, aldodekstrin, tuarin, L-askorbik asit, toz kafein, guarana tohumu tozu ekstresi, tatlandırıcı, aroma vericiler, inositol, nikotinamid, hacim artırıcı, kalsiyum D-pantotenat, riboflavin 5-fosfat sodyum, pridoksin, hidroklorür, tiamin moninitrat, D-biotin ve siyanokobalamin bileşenleri bulunmaktadır (Herbalife, 2021).

Tablet formu, kuru toz halde bulunan; etken, yardımcı ve biyoyararlılığı olan bileşenler karıştırıldıktan sonra, doğrudan veya granüllü (yaş ve kuru granül) basım yöntemiyle birleştirilirler. Üretilen efervesan tabletlerin suya atıldıklarında hızlı çözünmesi ve dağılma özelliğinin ise iyi olması gerekmektedir (Bodhmag, 2006; Tousel, 2015).

Doğrudan basım yöntemi, yardımcı bileşenlerin fiziksel yapısını değiştirecek bir işlem yapmaksızın direkt tablet formuna getirilmesi olarak bilinmektedir. Yüksek ısıyla yapısı bozulacak etken maddelerin kullanımında tercih edilmektedir. Bu yöntemin aşama sayısının az olması, basit işlem gerektirmesi etkin ve ekonomik olmasından

dolayı yaş ve kuru granülasyona göre avantajı vardır. Tartım, ön karıştırma, kaydırıcı ve aroma ilavesi, homojen dağılıma kadar tekrardan karıştırmak ve tablet basımı, doğrudan basım yönteminin işleyiş sırasıdır (Naser, 2011).

Granülasyon yaş ve kuru olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Yaş granülasyon, toz bileşenler preslenemediğinde tablet üzerinde dağılmalar ve yumuşamalar gözlemlendiğinde uygulanmaktadır. Proseste yaş granülasyon işlemi uygulanacak ise 24-72 saatleri arasında ekstra kurutma işlemi uygulanmalıdır, sonuç olarak da ekstra maliyete sebep olmaktadır. Kuru granülasyon ise sıkıştırma işlemi uygulanan toz bileşenlere mekanik güç uygulayarak fiziksel yapılarını değiştiren işlem olarak tanımlanmaktadır (Atalay ve Erge,2018).

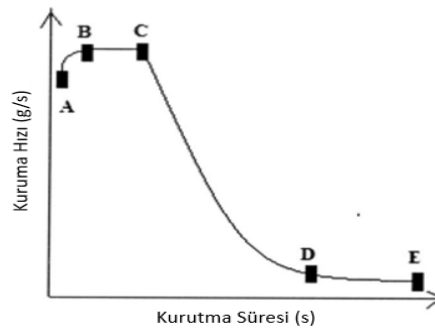
2.4. Kurutma İşlemi

Kurutma, sıvı, katı veya sıvı-katı formundaki hammaddelerin içerisinde bulunan nem miktarını minimum seviyeye indirerek, materyalin amacına uygun hale getirilmesini sağlayan işlemidir. Nem oranı azaltılmış maddelerde mikrobiyal bozulma en düşük seviyede olacağı için, raf ömrünü artırmada önemli bir avantaj sağlamaktadır (Cemeroğlu ve Özkan, 2004). Gıda takviyelerinin üretiminde, fonksiyonel içerikli maddelerin kurutulup daha sonrasında toz haline getirilmesi önemli bir aşamadır (Atalay ve Erge, 2018).

Kurutma işlemleri, üç farklı prensip (konveksiyonel, kondüksiyonel ve ultrasonik) ile uygulanmaktadır. Konveksiyon ile kurutmada, kurutucunun ısı kaynağına temas olmadan, kurutulacak hammaddenin içinden, üzerinden ve arasından sıcak havanın geçirilmesiyle nem uzaklaştırılır. Kondüksiyon işleminde, kurutma işlemi uygulanacak hammaddenin yüzeyinin, kurutucunun yüzeyine teması ile işlem gerçekleştirilmektedir. Ultrasonik yöntemde ise, elektromanyetik dalgalar şeklinde ısı transferi gerçekleştirilir (Kutlu vd., 2015). Gıda sektöründe yaygın olarak kullanılan; güneşle kurutma, tepsili kurutma, dondurarak kurutma, döner kurutucular, tünel kurutucular, püskürtmeli kurutucular, vakum kurutma ve mikrodalga kurutma gibi yöntemler, işlenecek hammaddenin özelliklerine göre ve maliyet analizine göre

değişmektedir (Kutlu vd., 2015). Tepsili kurutucular genellikle laboratuvar ölçekli çalışmalarda kullanım kolaylığı ve maliyetin düşük olmasından dolayı tercih edilmektedir. Bu sistem tepsiler, motor ve fandan oluşmakta olup, evlerde kullanılan fırınlar ile aynı prensipte çalışmaktadır. Nemi uzaklaştırılacak hammadde, tepsi üzerine serilir. Serilen ürünün tepsi üzerine homojen yayılması ve ürünün et kalınlığının fazla olmaması (ürünün miktarı) bu tarz kurutucularda çok önemlidir (Cemeroğlu ve Soyer, 2004).

Kurutulacak maddenin nem içeriği kuruma süresi boyunca doğru orantılı bir şekilde azalmamaktadır (Şekil 2.1). Kuruma hızı, işlem yeni başladığında çok hızlı iken, süre geçtikçe bu hız azalmaktadır. Nem içeriği sabit bir noktaya gelinceye kadar işlem devam ettirilir. Kurutma hızı, kullanılan hammaddenin özelliklerine, miktarına kurutucunun sıcaklığına ve fanın gücüne bağlıdır.



Şekil 2.1. Kurutma hızının süreyle değişimi (Kutlu vd., 2015)

Şekil 2.1’de görüldüğü üzere kuruma evresi dört evreden (AB; hammaddenin ısınması, BC; sabit hızla kuruma, CD; azalan hızla kuruma ve DE; hammaddenin nem oranının sabit noktaya ulaşması) oluşmaktadır. Kuruma işleminin başlangıcında yer alan AB eğrisi kurutulacak ürünün ve kurutma ortamının sıcaklıklarının dengeye geldiği süreçtir. Kurutma işlemi uygulanan materyalin ince su tabakası üzerinde gerçekleşen ilk buharlaşma BC evresinde gözlemlenir, bu evrede yüzeyde buharlaşan suyun hızı ile kaynaktan gelen suyun hızı eşittir. Asıl kuruma işleminin gerçekleştiği ve ilk kurumanın gözlemlendiği CD bölgesinde gıda maddesinin cinsi ve difüzyonu önemli bir rol oynamaktadır. D noktasında kurutulan maddenin yüzeyi tamamen kurumuştur

ve buharlaşma yüzeyden iç kısımlara doğru geçmeye başlar. DE bölgesinde sabitlenene kadar ikinci azalan hız periyodu ile devam eder (Kutlu vd., 2015; Köse, 2018).

Model, teorik olarak hesaplanan bir prosesin sürecini, ilgili kavram, kabul ve kanunlarına bağlı oluşturulan matematiksel ifadesinin pratikte nasıl gerçekleşeceğini tarif etmektedir (Mutlu, 2006). Kurutma proseslerinde yer alan matematiksel modeller, kullanılan gıdanın ekonomik ve pratik bir şekilde en uygun kurutma koşullarının belirlenmesinde, geliştirilmesinde ve/veya yeni bir süreç tasarlanmasında yardımcı olmaktadır (Babalıs ve Belessiotis, 2004). Bu süreç için literatürde çok sayıda matematiksel model olmuş olsada, ince tabaka kurutma modellerinin daha pratik olması ve az veri gerektirmesinden dolayı daha çok tercih edildiği bilinmektedir (Özdemir ve Devres, 1999). İnce tabaka kurutma modellerinde, kurulacak materyal üzerinde tek kat tabaka şeklinde kurutma işlemini gerçekleştirdiği ve ortam sıcaklığının materyal üzerinde homojen bir şekilde dağıldığı kabul edilmektedir. Üç temel gruba ayrılan (deneysel (ampirik), yarı teorik ve teorik) ince tabaka modelleri, genellikle Fick ve Newton'un soğuma kanununda türetilen yarı teorik ve ampirik modelleri temel almaktadır (Özdemir ve Devres 1999; Cesur 2013; Kutlu, 2015). Kurutma modelleriyle ilgili literatürde yapılmış olan çalışmalar Çizelge 2.2'de yer almaktadır. Buradaki modellerde materyalden ayrılan nem oranı; MR, model katsayıları; a, b, n, k, g, h ve süre; t ile temsil edilmektedir.

Çizelge 2.2'deki modellerin içerisinde yer alan katsayılar, doğrusal olmayan regresyon analizi yapılarak hesaplanmaktadır. Kurutulacak gıda mataryeline en uygun modeli belirlemek için RMSE (tahmini standart hata), R^2 (determinasyon katsayısı), χ^2 (k-kare) parametreleri belirlenir ve karşılaştırmaları yapılır. Proses için uygun matematiksel kurutma modeli seçilirken RMSE ve χ^2 değerinin sıfıra, R^2 değerinin ise bire yakın olması tercih edilir (Pangavhane vd., 1999).

Çizelge 2.2 Gıda kurutma proseslerinde yer alan matematiksel modeller

Model	Model Adı	Kaynak
$MR=\exp(-kt)$	Newton	Bengston vd., 1998
$MR=\exp(-kt^n)$	Page	Sarsavadiya vd., 1999.
$MR=\exp[(-kt)^n]$	Geliştirilmiş Page I	Yaldız vd., 2000
$MR=\exp[-(kt)^n]$	Geliştirilmiş Page II	Yaldız ve Ertekin 2001
$MR=a \exp(-kt)$	Henderson ve Pabis	Doymaz, 2007
$MR=a \exp(-kt) + c$	Logaritmik	Doymaz, 2011
$MR=a \exp(-k_0t)+b \exp(-k_1t)$	İki terimli	Madamba vd., 1996
$MR=a \exp(-kt)+(1-a)\exp(-kat)$	İki terimli exponansiyel	Sharaf vd., 1980
$MR=1+at+bt^2$	Wang ve Sing	Wang ve Sing, 1978
$MR=a \exp(-kt)+(1-a)\exp(-kbt)$	Difizyon yaklaşım	Sacilik, 2006
$MR=a \exp(-kt^n)+bt$	Midilli ve ark.	Midilli vd., 2002

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu tez çalışmasında, Kimya Mühendisliği ve Yenilenebilir Enerji ABD’de yer alan laboratuvarlarda kullanılan başlıca deney cihazları aşağıda kısaca anlatılmıştır. Analitik saflıktaki kimyasallar (Sodyum hidrojen karbonat, Magnezyum karbonat, Polivinilpolipirrolidon Dimetilpolisilokson, Sodyum hidroksit karbonat, Asetik Asit (glacial), Folin-Ciocalteu fenol reaktantı, Sodyum karbonat, Sodyum sülfat, Bakır (II) sülfat, Amonyum molibdat ve Fenolftalein) teknik firmalardan tedarik edilmiş ve kullanılmıştır. Bitkisel kaynaklar bölgesel çiftçi pazarından temin edilmiş ve depolanmaksızın kullanılmıştır. Kazeinin üretilmesi ve daha sonra sodyum kazeinata dönüştürülebilmesi için gerekli olan yarım yağlı süt marketten; efervesan içeriğine eklendiğinde koku ve tercih edilebilirliği artırma üzerindeki etkinliğinin incelenmesi için, Tito marka protokal, tarçın ve nar esansları ise Smart Kimya’dan temin edilmiştir. Üretilen efervesan tabletlerin çözündürüldüklerinde özelliklerinin karşılaştırılabilmesi için, Herbalife Liftoff ve Bayer Supradyn efervesan tabletler eczaneden temin edilmiştir.

3.1.1. Çalışmada kullanılan cihazlar

Manyetik karıştırıcı ısıtıcı tabla (Arex digital magnetic stirrer): Spesifik karıştırma hızına sahip ekstraksiyon işlemlerinde karıştırma ve sıcaklık ayarlamak için kullanılmıştır.

UV-VIS Spektrofotometre (Agilent Tech Carry 60): Numunelerdeki toplam fenolik miktarı ve şeker analizinde kullanılmıştır.

Hassas terazi (Precisa XB220A): Kimyasal, hammadde ve numunelerin istenilen miktarda tartılması için kullanılmıştır.

pH metre (Milwaukee M1150): Numunelerin pH’ını belirlemek için kullanılmıştır.

Çalkalamalı su banyosu (Memmert WNB7-45): Ekstraksiyon işlemlerinin gerçekleştirilmesinde ve belli sıcaklıktaki çözeltilerin hazırlanmasında kullanılmıştır.

Hava sirkülasyonlu bilgisayar kontrollü kurutucu (TUBITAK MISAK kapsamında üretilmiş bir cihazdır): Yaş sodyum kazeinatın ve fenolik içerikli bitkisel kaynaklı ekstraktın kurutulmasında kullanılmıştır.

Saf su cihazı (GFL-2108): Ekstraksiyon işlemlerinde çözücü olan ve deney içerisinde kullanılan çözeltilerde suyun üretilmesini sağlamıştır.

Etüv (Nuve FN500): Kuru madde analizleri gibi yüksek sıcaklık gerektiren analizlerde kullanılmıştır.

Piknometre: Elde edilen numunelerin yoğunluk ölçümleri için kullanılmıştır.

Buzdolabı (ESCO): Elde edilen numuneler ve/veya çözeltilerin bozulmaması için muhafaza edilmesinde kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

Bu projede, gerek öngörülen süre içerisinde tamamlanabilirliği, gerek endüstriye en az maliyetle uygulanabilirliği ve gerekse antioksidan miktarı dikkate alınarak, daha önce ekstraksiyon prosesleri gerçekleştirilmiş yirmi dört farklı bitkisel kaynaktan üçünün (tarçın, zerdeçal ve nar meyvesi kabuğu) suyla ekstraksiyonu ile efervesan tabletin etken maddesini içeren çözeltiler elde edilmiştir. Projenin amacına uygun efervesan tabletlerin üretilebilmesi için Şekil 3.1’de verilen üretim prosesinin akış şeması izlenmiştir.

3.2.2. Sodyum-Kazeinat üretimi

Yarım yağlı 500 ml süt içerisine yavaş yavaş, kazeinin izoelektrik noktası olan pH değeri 4,6 olana kadar (yaklaşık 1,3 ml) asetik asit eklenmiştir. Bu süreçte ortam ısıtıcılı manyetik karıştırıcı üzerinde tutularak karışımın 40 °C sıcaklıkta, 400 rpm hızla karıştırılması sağlanmıştır. Asit ve kazeinat kompleksi arasındaki reaksiyon anlık değildir ve pH zamanla yavaşça yükselme eğilimindedir. Bu nedenle, denge koşullarının sağlanması için yeterli süre kadar (10 dakika) bekletilmiştir. Çökelme işleminden sonra, yaş kazeinat üzerine pH 6,7-7,0 olana kadar 1M sodyum hidroksit ilave edilerek sıvı sodyum-kazeinat karışımı, bu karışım filtrasyon işlemi ile bir birinden ayrılarak da yaş sodyum-kazeinat elde edilmiştir. Yaş sodyum-kazeinat fenolik içerikli ekstraktla karıştırılarak, hem hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesi hem de kazeinin içerisindeki sıvı oranının minimuma indirilmesi için pres uygulanarak süzölmüştür. Sodyum-kazeinatın kazeine göre daha yumuşak tada sahip olması nedeniyle efervesan tablet içerisine eklenmesi tercih edilmiştir. Üretim maliyetini düşürmek ve ek depolama gereksinimlerini ortadan kaldırmak için ise kuru hali değil, yaş kazein kullanılmıştır. Sodyum bikarbonat veya sodyum fosfatlar gibi diğer alkaliler de bu işlemde kullanılabilir ancak gereken miktarlar ve bunların maliyetleri sodyum hidroksitinkinden daha fazla olduğundan, toplam proses maliyetini düşürmek adına tez kapsamında bu materyallerin kullanımı tercih edilmemiştir.

3.2.3. Kurutma prosesi ve modellerin uygulanması

Üretilen yaş sodyum-kazeinat (30 g) ve fenolik karışımının (90 ml) kurutulma parametreleri olarak sıcaklık (30, 40, 50 °C) ve fanın güç seviyesi (1. seviye, 2.seviye, 3.seviye) seçilmiştir. Karışım, 25 cm çapındaki bir borcam üzeri homojen bir şekilde 250 g (± 5 g) geçmeyecek şekilde yerleştirilmiştir. İlgili parametreler doğrultusunda farklı koşullarda, mikrobiyal üremenin olmamasını sağlayan %15 nem içeriğine ulaşıncaya kadar numune kurutulmuş, bu süreç boyunca gerekli süre takip edilerek dokuz tartım alınmıştır. Numunenin içerisindeki nem oranı denklem (3.1) ile hesaplanmıştır.

$$MR = \frac{M_t - M_{de}}{M_0 - M_{de}} \quad (3.1)$$

Bu eşitlikte MR, M_t , M_0 , M_{de} sırasıyla; boyutsuz nem oranını, herhangi bir t anındaki sodyum-kazeinatın nem içeriğini ($g_{nem}/g_{kuru\ madde}$), başlangıçtaki sodyum-kazeinat nem içeriğini ($g_{nem}/g_{kuru\ madde}$) ve sodyum-kazeinatın dengedeki nem içeriğini ($g_{nem}/g_{kuru\ madde}$) ifade etmektedir (Ren ve Chen, 1998). Tepsili kurutma şartlarında dengeye ulaşan nem içeriği ($M_{de}=19\ g_{nem}/g_{kuru\ madde}$), EXCEL programı ile oluşturulan grafikten belirlenerek tüm parametreler için yapılan deneylerde aynı değer kabul edilmiştir.

Süreye karşı nem içeriğinin değişimi, ince tabaka kurutma modelleri, Henderson-Pabis (3.2), Page (3.3) ve Newton (3.4), ile incelenmiştir (Okuy vd.,2005).

$$MR = a \times e^{-k \times t} \quad (3.2)$$

$$MR = e^{-k \times t^n} \quad (3.3)$$

$$MR = e^{-k \times t} \quad (3.4)$$

Belirlenen nem oranı (MR) ve kurutma süresi (t) ile model eşitliklerinde yer alan sabitler (a, k ve n) belirlenmiştir.

Deneyssel olarak hesaplanan ve modeller ile tahmin edilen nem içerik değerleri arasındaki uygunluğu saptamak için R^2 , ki-kare (χ^2) (3.5) ve hataların karelerinin toplamı (RSS) (3.6) kullanılmıştır.

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N_x} (MR_{exp,i} - MR_{cal,i})^2}{N_x - n_x} \quad (3.5)$$

$$RSS = \sum_{i=1}^{N_x} (MR_{exp} - MR_{cal,i})^2 \quad (3.6)$$

Bu eşitliklerde $MR_{exp,i}$; deneysel olarak belirlenen nem oranını; $MR_{cal,i}$; matematiksel modelden hesaplanan nem oranını, N_x ; deneysel olarak belirlenen veri sayısını, n_x ; matematiksel modeldeki sabitlerin sayısını temsil etmektedir. En uygun kurutma modeli seçilirken, RSS ve ki-kare değerlerinin sıfıra, R^2 değerinin ise bire yakın olması kriterleri göz önünde bulundurulmuştur (Pangavhane, vd., 1999). En yüksek verimde sağlanan kurutma işlemi ile elde edilen kuru sodyum-kazeinat ve antioksidan karışımları aynı işlemler tekrarlanarak çoğaltılmış ve öğütülerek toz haline getirilmiştir. Daha sonra, efervesan tabletin etken maddesi olarak kullanılmak üzere buzdolabında hava geçirmez, polietilen numune poşetleri içerisinde saklanmıştır.

3.2.4. Efervesan tablet üretimi

3.2.4.1. Efervesan tabletlerin bileşenlerinin belirlenmesi

Efervesan tabletlerin bileşenlerinin miktarlarının belirlenmesi için, her bir antioksidan kaynaklı bitkisel materyal için ayrı ayrı, Çizelge 3.1’de gösterilen parametreleri içeren Box-Behnken deney dizaynı kullanılmıştır.

Çizelge 3.1. Box-Behnken Deney Dizaynı Parametreleri

Bileşen	-1	0	+1
A: Limon Tuzu (mg)	240,0	365,0	450,0
A: Karbonat (mg)	540,5	822,0	1103,5
A: Fenolik-Sodyum Kazeinat (mg)	460,3	700,0	939,7
B: D-glikoz (mg)	250,0	400,0	550,0
C: Jelatin (mg)	150,0	200,0	250,0

Bileşenler belirtilen miktarlarda alınarak, homojen oluncaya kadar karıştırılmış ve daha sonra silindir paslanmaz çelik kalıp içerisinde 50 °C’de 20 dakika presleme uygulanarak bekletilmiştir. Oluşturulan ZET 250 ml içerisinde, TET ve NKET ise 500 ml su içerisinde çözündürülmüştür ve elde edilen çözeltilere aşağıda yer alan analizler uygulanmıştır. Analiz sonuçlarının cevap yüzeyleri, Design Expert programı yardımıyla incelenmiş ve parametrelerin efervesan tabletin istenilen özellikleri üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir.

3.2.4.2. Efervesan tablet bileşenlerinin optimum koşullarının belirlenmesi

Design Expert programı tarafından önerilen modeller arasından geçerli modelin tespitinde şu kriterler uygulanmıştır; model = “significant”, “lack of fit” = “not-significant”, bütün model terimleri için ise “values of (Prob>F)<0.05”, $R^2 \cong 1$, $R_{adj}^2 \cong 1$, $R_{pred}^2 \cong 1$, C.V.% ve standart sapma = minimum. Yukarıdaki kriterlere sahip modelin ANOVA tablosu incelenmiş ve parametrelerin özellik üzerindeki etkisi karşılaştırılmıştır. Daha sonra, üç boyutlu cevap yüzeyleri ve kontur grafikleri çizdirilmiş ve belirlenen parametrelerin sonuç üzerindeki etkisi hakkında fikir elde edilmiştir. Program yardımıyla sayısal optimizasyon (“numerical optimization”) yapılmıştır. Optimizasyon kriterleri olarak, çözünme süresi için hedef (“target”), fenolik miktarı için maksimum (“maximize”) seçilmiş ve istenilirlik için bir değeri (“desirability” = 1) olan çözümler tespit edilmiştir. Bu çözümler içerisinde optimum koşullar belirlenmiştir. Referans olarak yukarıda belirtilen efervesan tabletlerin 250 ml su içerisinde çözünme süresi 110 s olarak ölçülmüş ve bu yüzden çözünme süresinin sayısal optimizasyonda “target”=110 s olarak incelenmiştir.

3.2.4.3. Efervesan tabletlerin oluşturulması

Efervesan tabletin bileşenlerinin optimum noktaları belirlendikten sonra, son ürün olan antioksidan içerikli efervesan tablet içerisinde Fenolik-SodyumKazeinat, Magnezyum karbonat, dimetilpolisilokson, limon tuzu, D-glikoz, karbonat yerine Sodyum hidrojen karbonat, jelatin yerine Polivinilpolipirrolidon, esans (portakal, tarçın, nar) ve gıda boyası (turuncu, kahverengi, kırmızı) bileşenleri kullanılmış ve presleme işlemi uygulanmıştır.

3.2.5. Efervesan tabletlere uygulanan analizler

ZET, TET ve NKET numunelerinin bazı özellikleri aşağıda verilen analiz yöntemleriyle, tüketici kabulü ise yapılan anketlerle belirlenmiştir.

3.2.5.1. Fiziksel Analizler

Preslenmiş efervesan tabletlerin çözünme süresi (saniye), oda koşullarında 250 ml su içerisinde kronometre yardımıyla analizlenmiştir.

Yoğunluk analizi, TS EN 1131 ve TS ISO 279 standartlarına göre yapılmıştır. Analizde 25 ml hacminde cam piknometre ve referans olarak su yoğunluğu ($\rho_{su} = 0,99705 \text{ g/cm}^3$) (Anonim, 2011) kullanılmıştır.

Viskozite analizi, ASTM D 445, ASTM D 446 ve ISO 3105 standartlarına göre gerçekleştirilmiştir. Ostwald viskozimetresi ($V=40\text{ml}$) ile su referans alınarak ($\mu_{su}=0,0008891 \text{ Pa.s}$) (Anonim, 2011) akma süreleri belirlenmiş ve denklem (3.7) kullanılarak numunelerin viskozitesi hesaplanmıştır.

$$\frac{\mu_{su}}{\mu_1} = \frac{\rho_{su} \times t_{su}}{\rho_1 \times t_1} \quad (3.7)$$

Denklemden μ_1 ; numune viskozitesini (Pa.s), ρ_1 ; numunenin yoğunluğunu, t_1 ise akış süresini göstermektedir.

Duyusal analiz TS ISO 5492 standartına göre yapılmıştır. Üretilen farklı efervesan tabletlerin duyu özellikleri (renk, koku, kıvam, ağızdaki his, asitli tat ve genel beğeni) duyu panel konusunda bilgili ve deneyim sahibi ve ayrıca efervesan tabletlerin özellikleri konusunda bilgilendirilen kişiler tarafından değerlendirilmiştir. Panelistler, beyaz bir bardak içerisindeki sıcaklığı +4 °C olan efervesan tabletlerin sulu örneklerini, beyaz ışık altında, her kriter için 1 (en az beğenilen) ve 5 (en çok beğenilen) arasında puanlandırma yaparak değerlendirmiştir (Zorba vd 2003).

3.2.5.2. Kimyasal Analizler

Çözünür kuru madde analizleri AOAC-930.15 standartına göre yapılmıştır. Nemi alınmış ve kodlanmış boş krozeler içerisine, numunelerden 1'er ml alınarak, hava sirkülasyonlu bilgisayar kontrollü kurutucu içerisinde 105 C° sıcaklıkta sabit tartıma gelinceye kadar, her 24 saate bir tartım alınarak takip edilmiştir.

pH analizleri ise su içerisinde çözdürülmüş efervesan tabletlerin her birinden 250 ml numune alınarak, oda koşullarında pH metre kullanılarak belirlenmiştir.

Toplam titre edilebilir asit analizi TS 1125 ISO 750 standartlarına göre yapılmıştır. Bu analizde, bir erlen içerisinde alınan 20 ml örneğe 2 damla fenolftalein eklenerek karıştırılmış, numune pembemsi bir renk alana kadar, büret yardımıyla üzerine 0.1N NaOH çözeltisi eklenmeye devam edilmiştir. Kalıcı pembe rengini alan çözelti için harcanan NaOH miktarı belirlenmiştir. Numunenin toplam asit miktarı yüzdesel olarak denklem (3.8) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Toplam asit miktarı (\%)} = \frac{V_h \times f \times E}{M_c} \times 100 \quad (3.8)$$

Denklemden V_h , harcanan 0,1 N NaOH miktarını (ml); $f=0,09$, bazın normalite faktörünü; E , 0,1 N NaOH laktik asit eş değeri; M_c ise titre edilen numunenin hacmi (ml) göstermektedir.

Elde edilen numunelerdeki toplam indirgen şeker miktarı Nelson-Somogyi metodu uygulanarak analizlenmiştir. Numuneler hacimce 2/1000 oranında seyreltilmiştir. 2 ml seyreltilmiş örneğe, 2 ml 1 hacim B-4 hacim A çözeltisi karışımı eklenmiştir. 2 ml saf suyla blank çözeltisi hazırlanmıştır. Tüm örnekler ve blank çözeltisi 100 °C'de 20 dakika bekletilerek oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur. Daha sonra her birine 1 ml C çözeltisi eklenmiştir. Elde edilen karışım 520 nm dalga boyunda UV-VIS cihazında absorbans değerleri ölçülerek analizlenmiştir ve aşağıdaki kalibrasyon eğrisi denklemi

(3.9) kullanılarak numunedeki toplam indirgen şeker miktarı (mg glikoz/ml numune) hesaplanmıştır (Yiğitarıslan, 2006).

$$Absorbans_{@520nm} = 0,143 \times \text{Glikoz derişimi} \left(\frac{mg}{ml} \right); R^2=0.9999 \quad (3.9)$$

A, B ve C çözeltilerinin hazırlanışları şu şekildedir:

Çözelti A: 12 g Na-K Tartarat, 24 g Na₂CO₃, 16 g NaHCO₃, 144 g Na₂SO₄ bileşikleri 800 ml saf suyla çözülmüştür.

Çözelti B: 4 g CuSO₄, 36 g Na₂SO₄ bileşikleri 200 ml saf su içerisinde çözdürülmüştür.

Çözelti C: 5 g Amonyum molibdat, 0,6 g Na₂HAsO₄.7H₂O bileşikleri 90 ml saf su içinde çözüldükten sonra, 4,2 ml H₂SO₄ 5 ml distile su ile karıştırılarak içerisine eklenmiştir. Elde edilen karışım 55 °C'deki su banyosunda 25 dakika bekletilmiştir.

Folin-Ciocalteu Ayırıcı (FCR) ile toplam fenolik miktarı belirlenmiştir. FCR yöntemi, gıdaların antioksidan kapasitesinin belirlemede basit, tekrarlanabilir ve güvenilir bir yöntem (MacDonald vd., 2006; Huang vd., 2005) olmasından dolayı bu yöntem seçilmiştir. FCR yöntemi fenolik bileşikler ve diğer indirgeyici bileşiklerden molibdene elektron transfer edilmesine dayanmaktadır (Magalhaes vd., 2008). Deney tüpü içerisine 400 µl numune, 5,1 ml saf su, 500 µl Folin-Ciocalteu, 1,5 ml Na₂CO₃ (ağırlıkça %20) eklenmiştir. Karanlık ortamda 2 saat boyunca 25 °C'de reaksiyon gerçekleştirilmiştir. Mavi renkli kompleks oluşumu 765 nm'de spektrofotometrik olarak analizlenmiştir. Numune içerisindeki toplam fenolik miktarının konsantrasyonun hesaplanması için aşağıda yer alan kalibrasyon eğrisi denklemi (3.10) kullanılmıştır (Hesap, 2018).

$$Absorbans = 0.01532 \times \text{Konsantrasyon}; R^2= 0,9174 \quad (3.10)$$

HPLC Analizi, Süleyman Demirel Üniversitesi Yenilikçi Teknolojiler Uyguma ve Araştırma Merkezi'nde gerçekleştirilmiştir. Üretilen efervesan tabletlerin toplumsal kabul alan üç numunesi saf su içerisinde çözdürüldükten sonra alınan örneklerdeki

fenolik madde (gallik asit, naringenin, kateşin ve kuersetin) ve glikoz, früktoz, sükroz miktarlarının analizi gerçekleştirilmiştir.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Yaş-kuru kazein üretiminin kütle denglikleri ve verimleri

4.1.1. Süt ve PAS'ın yoğunluk ve kuru madde analizlerinin sonuçları

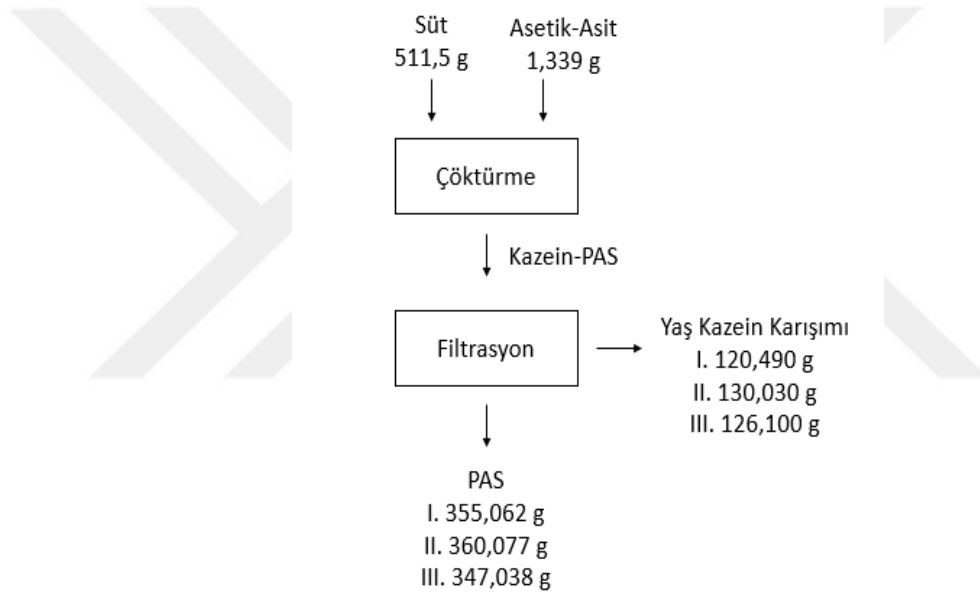
Kazein üretiminde, kütle dengliği oluşturulabilmesi ve veriminin hesaplanabilmesi için, sütün ve PAS'ın ortalama yoğunluk analizleri üç tekrarlı gerçekleştirilerek hesaplanmıştır. Sütün ve PAS'ın ortalama yoğunlukları sırasıyla 1,023 g/cm³ ve 1,003 g/cm³; ortalama kuru madde miktarları ise sırasıyla 53,33 g ve 26,25 g olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.1). Marketten tedarik edilen (yağ 1,5g/100ml, karbonhidrat 4,4 g/100ml, protein 2,9 g/100ml ve kalsiyum 120 mg/100ml) 511,5 g ağırlığa sahip sütün ortalama kütlece %8,92'ünü kuru madde oluşturmaktadır. Süt için gerçekleştirilen kuru madde analizinde ise kütlece %10,72 oranına sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Yapılan analizlerde sütün yoğunluğu %0,098 ve PAS'ın yoğunluğu ise %0,399 standart sapma değerleriyle hesaplanmıştır. 500 ml süt ortalama hacimce %70 PAS olarak ayrılmıştır ve kütlece %7,33 kuru madde ağırlığına sahip olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.1. Süt ve PAS'ın ortalama yoğunlukları ve kuru madde miktarları

Yoğunluk				
Materyal	ρ_1 (g/cm ³)	ρ_2 (g/cm ³)	ρ_3 (g/cm ³)	$\rho_{ort.}$ (g/cm ³)
Süt ^a	1,022	1,024	1,023	1,023
PAS ^b	1,002	1,000	1,007	1,003
(st.sp ^a = 0,001 , st.sp ^b =0,004)				
Kuru Madde				
Materyal	KM ₁ (g)	KM ₂ (g)	KM ₃ (g)	KM _{ort.} (g)
Süt ^c	55,00	54,50	50,50	53,33
PAS ^d	24,78	28,72	25,26	26,25
(st.sp ^c = 2,460, st.sp ^d =2,150,)				

4.1.2. Yaş kazein karışımı üretimi için toplam kütle dengliği

Süt proteini olan kazeinin elde edilebilmesi için, analitik saflıkta ve $1,03 \text{ g/cm}^3$ yoğunluğuna sahip asetik-asit, süt içerisine eklenerek çöktürme reaksiyonu gerçekleştirilmiştir. Elde edilen yaş kazein karışımı ve PAS'ın ayrılması için filtrasyon işlemi uygulanmıştır (Şekil 4.1). Üç tekrarlı gerçekleştirilen çöktürme işleminin kütleye %93,52 verime sahip olduğu ve %6,48 oranındaki kütle kaybının ise yaş kazein karışımının hem filtre kağıdını ıslatmasından hem de gözenekler arasında kalmasından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.



Şekil 4.1. Yaş kazein karışımı üretimi

4.1.3. Kuru kazein karışımının kuru madde ve nem miktarı analizlerinin sonuçları

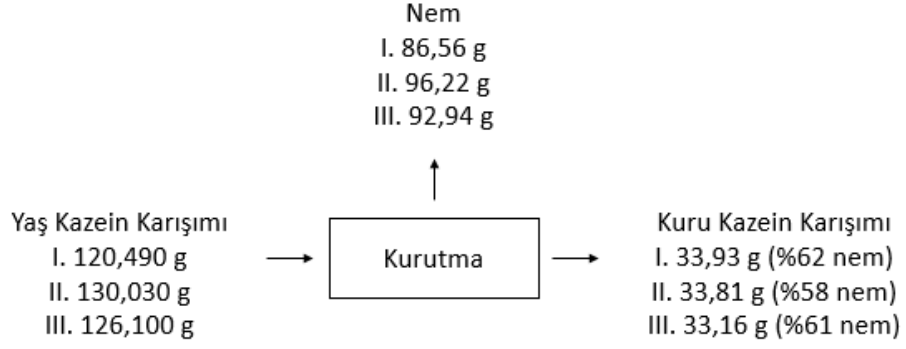
Şekil 4.1'de gösterilen proseste üretilen yaş kazein karışımı, hava sirkülasyonlu bilgisayar kontrollü kurutucuda ufalanabilecek ölçüde nem içeren katı tabaka oluşuncaya kadar kurutulmuş, daha sonrasında içerisindeki nem miktarı analizlenmiştir. Analizler sonucunda %0,18 standart sapma ile ortalama 33,87 g kuru madde miktarına sahip olduğu hesaplanmıştır. Kurutma işlemi uygulanan kazeinin içerisindeki nem miktarı üç tekrarlı gerçekleştirilerek %62, %58 ve %61 oranlarında nem içerdiği saptanmıştır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Kazein karışımının kuru madde ve nem miktarı

Kuru Madde				
Materyal	KM ₁ (g)	KM ₂ (g)	KM ₃ (g)	KM _{ort.} (g)
Kazein Karışımı ^a	33,93	33,81	33,86	33,87
(st.sp ^a = 0,060)				
Yüzde Nem Miktarı				
Materyal	YNM ₁	YNM ₂	YNM ₃	
Kuru Kazein Karışımı ^b	%62	%58	%61	
(st.sp ^b = 0,020)				

4.1.4. Kuru kazein karışımı üretimi için toplam kütle denkliği

Kuru kazein karışımının elde edilmesi ve toplam kütle denkliğinin oluşturulması için kuru madde analizlerinden elde edilen sonuçlar kullanılmıştır (Şekil 4.2). Kütle denkliğine ilişkin hesaplamalar Ek-2’de yer almaktadır. Gıda endüstrisinde bulunan süt (500ml) içerisindeki toplam kuru madde miktarı 44,6 g; protein miktarı ise 14,5 g’dır. Sütün içerisindeki protein miktarının %80’ini kazein miselleri oluşturduğundan dolayı içerisinde 11,6 g kazein ve inorganik maddelerin kompleksi yer almaktadır. Bu tez çalışmasında ise süt içerisindeki toplam kuru madde ortalama 53,3 g; kuru kazein karışımı ortalama 33,87 g olduğu belirlenmiştir. Literatür ile analiz sonuçlarının arasındaki fark, kuru kazein karışımı içerisinde kazeine ek olarak; yağ, şeker, tuz ve diğer inorganik materyallerin kompleksinin de bulunmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Efervesan tablet üretiminde yaş kazein karışımına kurutma işlemi uygulanmaksızın doğrudan sodyum kazeinat üretiminde kullanılmıştır. Üretim maliyetini düşürmek amacıyla bu şekilde ilerlenen çalışmada kuru kazein karışımı elde edilmesi sadece malzeme karakterizasyonu ve toplam kütle denkliği için gerçekleştirilmiştir.

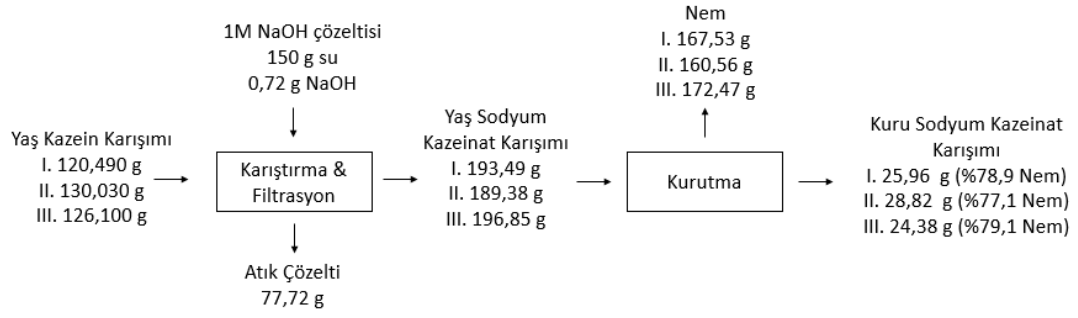


Şekil 4.2. Kurutma işlemi kütle dengliği

4.2. Yaş-kuru sodyum kazeinat karışımı üretimi

4.2.1. Kütle denglikleri ve verimleri

Sodyum kazeinat karışımının üretilebilmesi için, proseste üretilen yaş kazein karışımı içerisine 1M NaOH (150 ml) çözeltisi yavaş yavaş eklenerek karıştırılmıştır. Kazinat üretiminde filtre kağıdından süzülen fazla NaOH çözeltisi (77,72 g) atık olarak prosesten ayrılmış, kütlece ortalama %69,97 oranında ve %0,43 standart sapma değeri (Çizelge 4.3) ile üretilen yaş sodyum kazeinat karışımı ise kurutulmak üzere bilgisayar kontrollü kurutucuya beslenmiştir. Borcam içerisine yerleştirilmiş yağlı kağıt üzerinde kurutma işlemi uygulanan yaş sodyum kazeinat karışımının içerisinde bulunan ortalama 166,85 g fazla su uzaklaştırılmış ve ortalama 26,39 g kuru sodyum kazeinat karışımı elde edilmiştir. Kısmen kurutulan sodyum kazeinat karışımında ise ortalama %78,36 nem içerdiği tespit edilmiştir (Şekil 4.3). Ham veriler ve Örnek hesaplamalar sırasıyla Ek-1 ve Ek-2’de yer almaktadır. Çizelge4.3’te yer alan, kuru sodyum kazeinat karışımının üretim verimi 0,067 standart sapma değeri ile ortalama % 77,92 oranında gerçekleştirilmiştir. Verimde gözlenen bu kaybın nedeni ise Şekil 4.3’te yer alan karıştırma- filtrasyon işleminde açığa çıkan atık çözelti içerisinde bir miktar kazein karışımının karışmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 4.3. Sodyum kazeinatın üretim ve kurutma işlemleri için kütle dengeliği

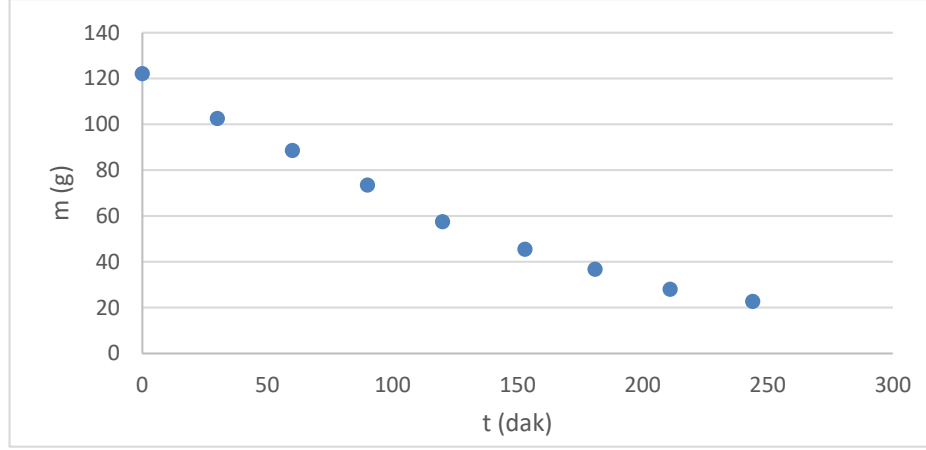
Çizelge 4.3. Yaş ve kuru sodyum kazeinat karışımı üretiminin verimleri

Sodyum Kazeinat karışımı	%Verim ₁	%Verim ₂	%Verim ₃
Yaş ^a	71,34	67,46	71,11
Kuru ^b	76,51	85,24	72,00

(st.sp^a=0,300, st.sp^b= 0,067)

4.2.2. Kurutuma Modelleri

Sodyum kazeinat formu elde edildikten sonra kurutma işleminde farklı sıcaklıklarda ve farklı fan seviyelerinde çalışılmıştır. Belirli aralıklar ile alınan örnek tartımlar üzerinden bu süreçte buharlaşan su miktarı hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Henderson-Pabis, Page ve Newton modellerine uygulanmıştır. Zamana göre kütledeki değişimler grafiksel olarak incelendiğinde (Şekil 4.4), M_{de} değerinin $19 \text{ g}_{nem}/\text{g}_{kuru}$ madde olduğu tespit edildi. Kurutma işleminde seçilen parametrelerin materyalin denge değerinde kayda değer bir değişime neden olmayacağı varsayılarak, kullanılan tüm modellerde sodyum-kazeinatın dengedeki nem içeriği sabit olarak alınmıştır.



Şekil 4.4. Kısmen kurutulmuş sodyum kazeinat karışımının kurutma işlemi sırasındaki kütle değişimi (50 °C & 2.seviye)

4.2.2.1. Henderson ve Pabis Modeli

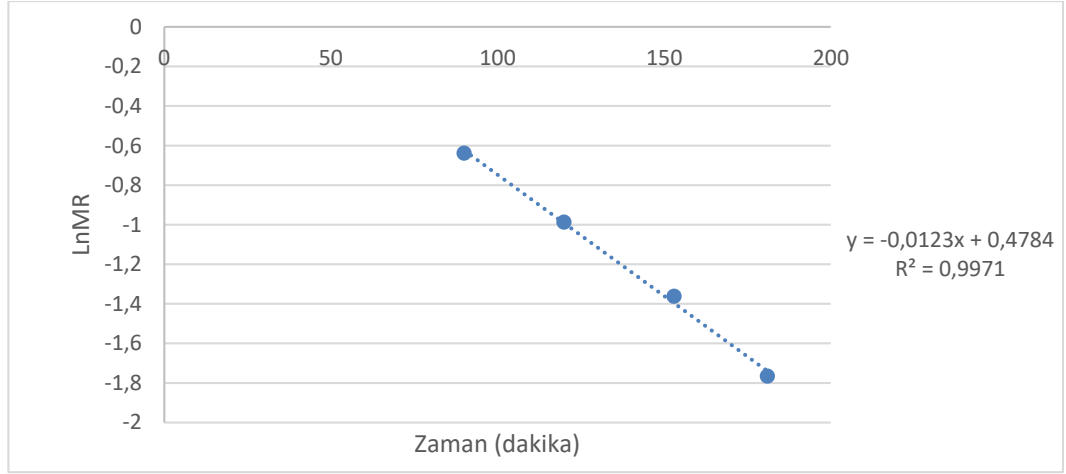
Henderson ve Pabis tarafından geliştirilen ince tabaka kuruma matematiksel modelini ifade eden denklem (4.1)'in doğal logaritması alınarak denklem (4.2) elde edilmiştir.

$$MR = a \exp(-k t) \quad (4.1)$$

$$\ln MR = \ln a - (k t) \quad (4.2)$$

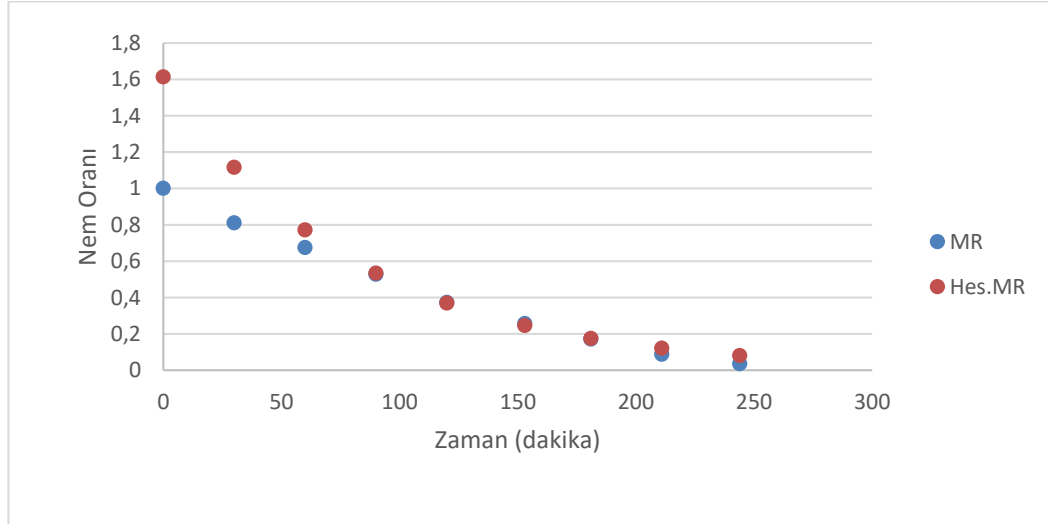
Denklem (4.2)'de verilen denklem doğrusal bir fonksiyonu belirttiğinden deneysel veriler y eksenini ($\ln MR$) ve x eksenini (zaman) şeklinde grafiğe geçirilerek elde edilen doğru denklemden modelin k ve a sabitlerinin değerleri belirlenmiştir.

Tez çalışmasında kurutma modellerinin parametreleri olarak farklı sıcaklık ve fan seviyeleri seçilmiştir. Yukarıda açıklanan model sabitlerine ulaşmada örnek olarak 50°C ve 2. seviye bulguları Şekil 4.5'de gösterilmiştir. Kesim noktası $\ln a$ (0,4784) değerini verdiği için, bu koşullardaki kurutma prosesinin a değeri 1,6135 olarak bulunmuştur. Model içerisindeki a sabiti, t=0 anındaki yaş sodyum kazeinat karışımının nem oranını temsil etmektedir. Doğrusal fonksiyonun eğimi ise k değerini (0,0123) vermektedir. R^2 değerinin bire oldukça yakın olması deneysel veriler ile lineer değişimin uygunluğunu ifade etmektedir.



Şekil 4.5. 50 °C & 2.seviye kurutma koşullarında sodyum kazeinat karışımı için Henderson ve Pabis ince tabaka modelinin deneysel gösterimi

Modelin öngördüğü hesaplanan nem oranı (Hes.MR) denklem (4.2)'te yer alan t ve yukarıda hesaplanan a ve k değerleri kullanılarak 50 °C & 2.seviye için hesaplanan değeridir. Deneysel nem oranları(MR) ile hesaplan nem oranları (MR) Şekil 4.6'da kıyaslanmıştır. Henderson ve Pabis modelinin ön görüşünün deneysel veriler ile uyumlu olduğu, fakat özellikle kurutma prosesinin yeni başladığı süreçlerde sapmalar gerçekleştiği görülmektedir.



Şekil 4.6. 50 °C & 2.seviye kurutma koşullarında sodyum kazeinat karışımı için hesaplanan nem oranı ve deneysel nem oranının Henderson ve Pabis modeli için kıyaslanması

Yukarıda belirtilen işlemler tez çalışması kapsamında seçilen tüm sıcaklık ve fan seviyelerine de uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.4’de özetlenmiş, grafikler ise Ek-C’de ayrı ayrı verilmiştir.

Çizelge 4.4. Henderson-Pabis kurutma modeli bulguları

Kurutma Koşulu	t (dakika)	m (g)	MR	Hes.MR	RSS	χ^2	k	a	R ²
50°C & 1.seviye	0	230,25	1	1,0562	0,00508	0,000726	0,0027	1,0562	0,9986
	30	216,79	0,9363	0,974					
	60	205,21	0,8815	0,8982					
	90	194	0,8284	0,8283					
	120	182	0,7716	0,7639					
	150	168,5	0,7077	0,7045					
	180	157,01	0,6533	0,6497					
	210	144,13	0,5923	0,5991					
50°C & 2.seviye	0	122,04	1	1,6135	0,482576	0,068939	0,0123	1,6135	0,9971
	30	102,45	0,8099	1,12					
	60	88,49	0,6744	0,771					
	90	73,39	0,5279	0,533					
	120	57,37	0,3724	0,369					
	153	45,38	0,256	0,246					
	181	36,62	0,171	0,174					
	211	27,95	0,0869	0,120					
50°C & 3.seviye	0	191,18	1	1,0947	0,01145	0,001636	0,0048	2,7107	0,9972
	30	175,98	0,906	0,9479					
	60	158,92	0,8126	0,8208					
	90	143,52	0,7232	0,7107					
	150	108,92	0,5222	0,5329					
	180	100,63	0,4741	0,4614					
	210	87,82	0,3997	0,3995					
	240	78,32	0,3445	0,3459					
40°C & 1.seviye	0	237,67	1	1,0021	0,004389	0,000627	0,0019	1,0013	0,9969
	30	224,88	0,94151	0,9494					
	60	213,9	0,891297	0,8995					
	90	204,28	0,847304	0,8522					
	120	194,66	0,803311	0,8074					
	150	184,01	0,754607	0,765					
	180	173,22	0,705264	0,7248					
	210	161,36	0,651027	0,6867					
40°C & 2.seviye	0	194,86	1	1,0315	0,001602	0,000229	0,0022	1,0162	0,9969
	30	186,55	0,9496	0,9656					
	90	167,32	0,8434	0,8462					
	120	158,08	0,7909	0,7922					
	150	148,69	0,7375	0,7415					
	180	140,41	0,6904	0,6942					
	210	132,59	0,6459	0,6499					
	240	125,28	0,6043	0,6083					
40°C & 3.seviye	0	197,18	1	1,0371	0,002818	0,000403	0,0024	1,0282	0,9911
	30	190,54	0,9608	0,9651					
	60	175,45	0,878	0,8981					
	90	170,06	0,8478	0,8357					
	120	158,32	0,7819	0,7776					
	150	147,81	0,7229	0,7236					
	180	137,46	0,6648	0,6733					
	210	128,5	0,6145	0,6266					
	240	118,39	0,5578	0,583					

Çizelge 4.4 devamı

Kurutma Koşulu	t (dakika)	m (g)	MR	Hes.MR	RSS	χ^2	k	a	R ²
30°C & 1.seviye	0	174,73	1	1,0245	0,000691	0,0000986451	0,0015	1,0245	0,9985
	38	170,27	0,971361	0,9677					
	58	164,58	0,934823	0,9391					
	97	156,76	0,884608	0,8858					
	121	152,07	0,854492	0,8544					
	148	147,2	0,82322	0,8205					
	185	140,84	0,78238	0,7762					
	213	135,2	0,746163	0,7443					
	238	130,2	0,714056	0,7169					
30°C & 2.seviye	0	224,04	1	1,0245	0,000865	0,000124	0,0019	1,0245	0,9993
	30	215,23	0,957033	0,9677					
	60	206,5	0,914456	0,9141					
	90	195,79	0,862222	0,8634					
	120	186,23	0,815597	0,8156					
	150	177,99	0,77541	0,7704					
	180	168,17	0,727517	0,7277					
	210	159,89	0,687134	0,6874					
	240	149,85	0,638168	0,6493					
30°C & 3.seviye	0	254,13	1	1,0015	0,00052	0,0000742564	0,0015	1,0015	0,9990
	30	243,42	0,954451	0,9574					
	56	236,03	0,923021	0,9208					
	94	223,9	0,871433	0,8698					
	124	215,25	0,834645	0,8315					
	151	206,71	0,798324	0,7985					
	181	197,61	0,759622	0,7634					
	206	188,11	0,719219	0,7353					
	240	179,81	0,68392	0,6987					

Deneysel nem oranları (MR) ve hesaplanan nem oranları (Hes.MR) birbirlerine çok yakın olması ve %5 oranından fazla değişmemesi uygulanan Henderson ve Pabis modelinin örtüştüğünü göstermektedir. Yaş sodyum kazeinat karışımının dokuzuncu tartımları için hesaplanmış nem oranları kıyaslandığında, yüksek sıcaklıklarda çalışılması durumunda nem oranlarının minimum oranlarda olacağını göstermiştir. Endüstride en düşük nem oranına sahip sodyum kazeinat karışımının üretilmesi istendiğinden her sıcaklıkta (30, 40 ve 50 °C) gerçekleştirilen, 2. seviye fan gücünün en düşük nem oranına sahip ürünü üreteceği görülmektedir. Dolayısıyla, endüstriyel kurutma prosesinin 50C'de ve 2.seviye fan gücüyle gerçekleştirilmesi önerilmektedir.

Aynı seviyeler için sıcaklık azaldıkça Henderson ve Pabis matematiksel modeli içerisinde yer alan k sabiti değeri azalmaktadır. Dolayısıyla denklem (2) içerisinde exponansiyel ifade üzerinde yer alan k'nın yüksek sıcaklıkta yüksek değere sahip olması, nem oranının da düşük çıkmasına sebep olmaktadır. 50 °C sıcaklıkta en yüksek k değeri sırasıyla 2. Seviye, 3. Seviye ve 1. Seviye; 40 °C'de 3. Seviye, 2. Seviye ve 1. Seviye; 30 °C'de ise 2.seviye, 1. Seviye ve 3. Seviye fan güçlerinde olduğu belirlenmiştir. En yüksek R² ve en düşük RSS, ve χ^2 değerleri uygulanan model için

uygunluğun bir ölçüsüdür. Henderson ve Pabis modelinin en iyi açıkladığı kurutma koşulları şu şekildedir; 50 °C sıcaklık için 1.seviye fan gücü RSS, χ^2 ve R^2 değerlerinin sırasıyla 0,00508, 0,000726 ve 0,9986; 40 °C sıcaklık için 2. seviye fan gücü RSS (0,001602), χ^2 (0,000229 ve R^2 (0,9969); 30 °C sıcaklık 3. Seviye için ise RSS (0,00052), χ^2 (0,0000743) ve R^2 (0,9990) (Çizelge 4.4).

4.2.2.2. Page Modeli

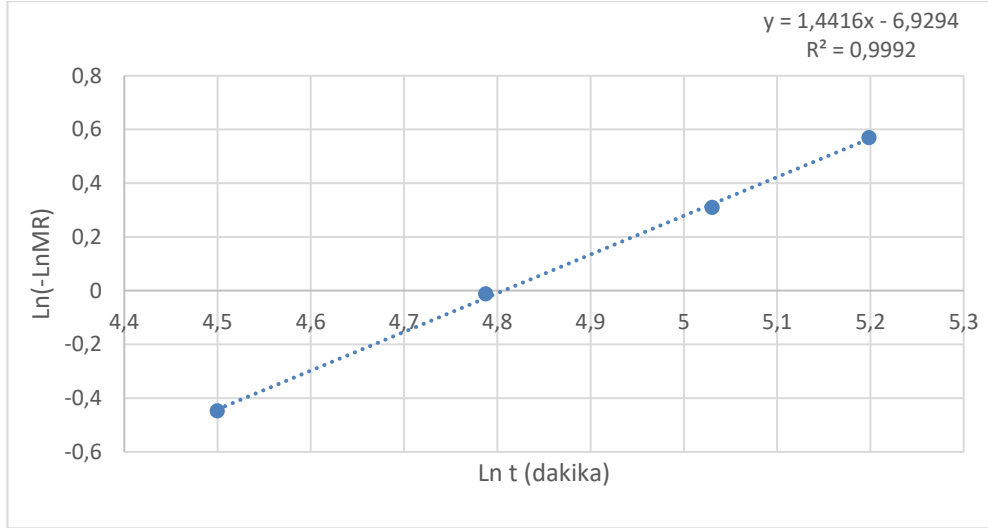
Page tarafından geliştirilen ince tabaka kuruma matematiksel modelini ifade eden denklem (4.3)'nin doğal logaritması alınarak denklem (4.4) elde edilmiştir.

$$MR = e^{-k \times t^n} \quad (4.3)$$

$$\ln(-\ln MR) = \ln k + n \ln t \quad (4.4)$$

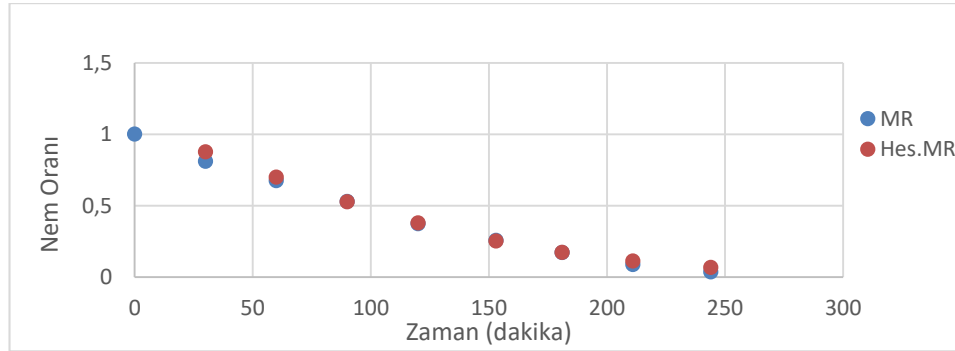
Denklem (4.4)'te verilen denklem doğrusal bir fonksiyonu belirttiğinden deneysel veriler y eksenini; $\ln(-\ln MR)$ ve x eksenini; zaman şeklinde grafiğe geçirilerek elde edilen doğru denklemi ile modelde yer alan k ve n sabitlerinin değerleri belirlenmiştir. Page modeline ait sabitler kurutma işlemi için belirlenen farklı sıcaklık ve fan seviyeleri için ayrı ayrı uygulanmıştır.

Yukarıda bahsedilen k ve n sabitlerinin belirlenmesi için örnek olarak 50°C ve 2. seviye bulguları Şekil 4.7'de gösterilmiştir. Doğrusal denklemde y eksenini kesen $\ln k$ değeri -6,9294 olarak, bu koşullardaki kurutma işleminin k değeri ise 0,0009786 olarak bulunmuştur. Handerson_Pabis ve Page modellerindeki temel fark kurutma prosesinin üstel bir fonksiyonla belirtilmesinde Handerson_Pabis'in üssün bire eşit olduğunu savunurken, Page modelinde bu üssün birden farklı bir değere sahip olabileceğinin öngörülmesidir. Fonksiyonun eğimi ise n sabitini (1,4416) temsil etmektedir. R^2 değerinin de (0,9992) bire çok yakın olması deneysel veriler ile lineer değişiminin istatistiksel olarak doğrulunu desteklemektedir.



Şekil 4.7 50°C & 2.seviye kurutma koşullarında sodyum kazeinat karışımı için Page ince tabaka modelinin deneysel gösterimi

Page modelinin öngördüğü hesaplanan nem oranı (Hes.MR) denklem (4.4)'te yer alan t ve yukarıda hesaplanan n ve k değerleri kullanılarak 50°C ve 2.seviye için hesaplanmıştır. Deneysel nem oranı (MR) ile hesaplan nem oranı (Hes.MR) Şekil 4.8'de karşılaştırılmıştır. 80 ve 180 dakikalari arasında Page modeli ile hesaplanan nem oranı veriler ile uyumlu olduğunu, fakat özellik kurutma prosesinin yeni başladığı ilk 60 dakika sürecinde sapmalar meydana geldiği görülmektedir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. 50°C & 2.seviye kurutma koşullarında sodyum kazeinat karışımı için hesaplanan nem oranı ve olması gereken nem oranının Page modeli için kıyaslanması

Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen ve yukarıda da örnek olarak verilen 50°C ve 2.seviye için elde edilen sabitler tüm sıcaklık ve fan seviyeleri için de uygulanmıştır.

Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.5’de özetlenmiş, grafikler ise Ek-C’de ayrı ayrı verilmiştir.

Çizelge 4.5. Page kurutma modeli

Kurutma Koşulu	t (dakika)	m (g)	MR	Hes.MR	RSS	χ^2	k	n	R^2
50°C & 1.seviye	0	230,25	1		1,000396	0,142914	0,00080393	1,2098	0,9994
	30	216,79	0,9363	0,9519					
	60	205,21	0,8815	0,8924					
	90	194	0,8284	0,8303					
	120	182	0,7716	0,7684					
	150	168,5	0,7077	0,7082					
	180	157,01	0,6533	0,6504					
	210	144,13	0,5923	0,5955					
	240	133,68	0,5429	0,5438					
50°C & 2.seviye	0	122,04	1		1,006717	0,143817	0,00097859	1,4416	0,9992
	30	102,45	0,8099	0,8765					
	60	88,49	0,6744	0,699					
	90	73,39	0,5279	0,526					
	120	57,37	0,3724	0,3781					
	153	45,38	0,256	0,2514					
	181	36,62	0,171	0,1722					
	211	27,95	0,0869	0,1114					
	244	22,6	0,0349	0,0668					
50°C & 3.seviye	0	191,18	1		1,000611	0,142944	0,0018162	1,1639	0,9985
	30	175,98	0,906	0,9092					
	60	158,92	0,8126	0,808					
	90	143,52	0,7232	0,7105					
	150	108,92	0,5222	0,5383					
	180	100,63	0,4741	0,4649					
	210	87,82	0,3997	0,4					
	240	78,32	0,3445	0,3429					
	270	67,98	0,2845	0,293					
40°C & 1.seviye	0	237,67	1		1,0043	0,143471	0,00023842	0,9471	0,9991
	30	224,88	0,94151	0,942					
	60	213,9	0,891297	0,8912					
	90	204,28	0,847304	0,8444					
	120	194,66	0,803311	0,8008					
	150	184,01	0,754607	0,7601					
	180	173,22	0,705264	0,7218					
	210	161,36	0,651027	0,6857					
	270	142,96	0,566882	0,6196					
40°C & 2.seviye	0	194,86	1		1,000074	0,142868	0,0011986	1,1041	0,9998
	30	186,55	0,9496	0,9501					
	90	167,32	0,8434	0,8417					
	120	158,08	0,7909	0,7892					
	150	148,69	0,7375	0,7387					
	180	140,41	0,6904	0,6904					
	210	132,59	0,6459	0,6446					
	240	125,28	0,6043	0,6011					
	270	116,19	0,5527	0,5601					
40°C & 3.seviye	0	197,18	1		1,000612	0,142945	0,00065919	1,2391	0,000992
	30	190,54	0,9608	0,9564					
	60	175,45	0,878	0,9					
	90	170,06	0,8478	0,8403					
	120	158,32	0,7819	0,7799					
	150	147,81	0,7229	0,7206					
	180	137,46	0,6648	0,6632					
	210	128,5	0,6145	0,6083					
	240	118,39	0,5578	0,5562					

Çizelge 4.5 devamı

30°C & 1.seviye	0	174,73	1		1,00019	0,142884	7,0367	1,1255	0,9995
	38	170,27	0,971361	0,9587					
	58	164,58	0,934823	0,9343					
	97	156,76	0,884608	0,8859					
	121	152,07	0,854492	0,856					
	148	147,2	0,82322	0,8228					
	185	140,84	0,78238	0,7783					
	213	135,2	0,746163	0,7455					
	238	130,2	0,714056	0,7169					
30°C & 2.seviye	0	224,04	1		1,000066	0,142867	0,00084532	1,1427	0,9990
	30	215,23	0,957033	0,9596					
	60	206,5	0,914456	0,913					
	90	195,79	0,862222	0,8654					
	120	186,23	0,815597	0,818					
	150	177,99	0,77541	0,7717					
	180	168,17	0,727517	0,7267					
	210	159,89	0,687134	0,6834					
	240	149,85	0,638168	0,6418					
30°C & 3.seviye	0	254,13	1		0,000122	0,0000174	0,0010409	1,075	0,9987
	30	243,42	0,954451	0,9605					
	56	236,03	0,923021	0,9242					
	94	223,9	0,871433	0,8715					
	124	215,25	0,834645	0,8309					
	151	206,71	0,798324	0,7953					
	181	197,61	0,759622	0,7571					
	206	188,11	0,719219	0,7263					
	240	179,81	0,68392	0,686					

Kuruma süresine göre değişiklik gösteren, deneysel nem oranları (MR) ile hesaplanan nem oranlarının örtüştüğü, gözlenen sapmaların ise kabul edilebilir düzeyde olduğu saptanmıştır. Page modelinde de, Henderson ve Pabis'te olduğu gibi sıcaklığın artırılması ile numunenin minimum nem içeriğine sahip olacağı belirlenmiştir. Her sıcaklıktaki fan seviyeleri karşılaştırıldığında; 50°C sıcaklık için 2. Seviye fan gücü, 40°C sıcaklık için 3. Seviye fan gücü ve 30°C sıcaklık için 2. Seviye fan gücünde çalışılmasının minimum nem oranını sağlayacağı belirlenmiştir. En düşük nem oranına sahip (0,0668) sodyum kazeinat karışımının daha kısa süre içerisinde endüstride üretiminin sağlanabilmesi için 50°C sıcaklık ve 2. Seviye fan gücünün diğer parametrelere göre daha uygun olduğu görülmektedir. Her sıcaklık için en düşük nem oranına sahip koşullarda n sabiti en yüksek değeri gösterdiği gözlenmiştir. Sonuç olarak 50°C sıcaklık ve 2. Seviye koşulları ile gerçekleştirilen kurutma işleminde k ve n sabitlerinin sırasıyla 0,00097859 ve 1,4416 olması 240 dakikada numunenin en düşük nem içeriğine sahip olacağını göstermektedir. 50°C sıcaklıkta modelde yer alan k sabitinin en yüksek değerleri sırasıyla 3. Seviye, 2. Seviye ve 1. Seviyelerde; 40°C'de 2. Seviye, 3.seviye ve 1.seviye; 30°C'de ise 1. Seviye, 3. Seviye ve 2. Seviye olduğuna ulaşılmıştır. Page modelinin en iyi açıkladığı ince tabaka kurutma koşulları RSS, χ^2 ve R^2 değerleri

kıyaslandığında; 50°C sıcaklık için 1. Seviye, 40°C sıcaklık için 2. Seviye ve 30°C sıcaklık için 3. Seviye olduğu görülmektedir (Çizelge 4.5).

4.2.2.3. Newton Modeli

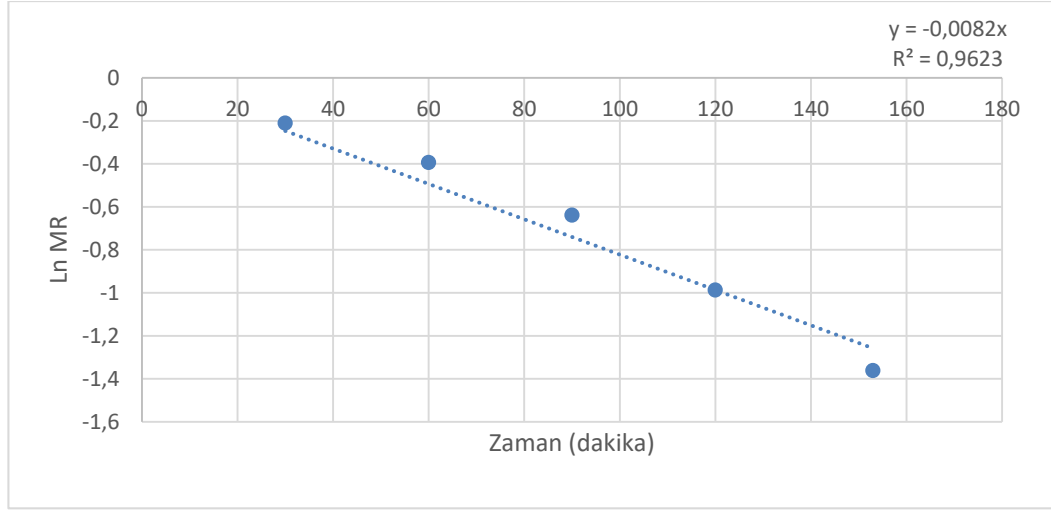
Newton ince tabaka kuruma modelini ifade eden matematiksel denklem (4.5)'inin doğal logaritması alınarak denklem (4.6) elde edilmiştir.

$$MR = e^{-k \times t} \quad (4.5)$$

$$\ln MR = -k t \quad (4.6)$$

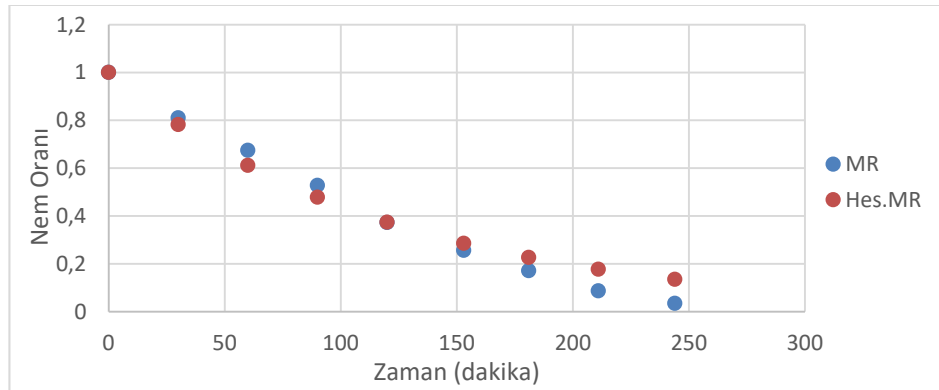
Denklem (4.6) 'da verilen eşitlik doğrusal bir fonksiyonu belirttiğinden deneysel verilerden elde edilen nem oranı y eksenini ($\ln MR$) ve x eksenini (zaman) şeklinde grafiğe geçirilerek elde edilen doğru denkleminde Newton modeline ait k değeri elde edilmiştir.

Farklı sıcaklık (30,40 ve 50°C) ve fan seviyelerinde (1. Seviye, 2.seviye ve 3. seviye) Newton ince tabaka modeli uygulanmış ve yukarıda açıklanan model sabitini (k) elde etmek için örnek olarak 50°C ve 2. seviye bulguları (Şekil 4.9)'da verilmiştir. Nem oranının zamana göre değişiminden elde edilen doğrusal denklemin eğimi k (0,0082) sabitini temsil etmekte ve R^2 (0,9623) değerinin bire çok yakın olması istatistiksel olarak Newton modelinin deneysel veriler ile uyumluluğunu göstermektedir.



Şekil 4.9 50°C & 2.seviye kurutma koşullarında sodyum kazeinat karışımı için Newton ince tabaka modelinin deneysel gösterimi

Newton modelinin ön gördüğü hesaplanan nem oranı (Hes.MR) denklem (4.4)'te yer alan t ve yukarıda belirlenen k değeri kullanılarak 50°C ve 2.seviye için hesaplanmıştır. Deneysel nem oranı (MR) ile hesaplan nem oranı (Hes.MR) karşılaştırılmıştır (Şekil 4.10). Kurutma işleminin başlangıcında ($t=0$) ve 100 ile 150 dakikaları arasında Newton modeli ile hesaplanan nem oranı veriler ile uyumlu olduğunu, diğer zaman aralıklarında ise sapmalar meydana geldiği görülmektedir (Şekil 4.8).



Şekil 4.10. 50°C & 2.seviye kurutma koşullarında sodyum kazeinat karışımı için hesaplanan nem oranı ve olması gereken nem oranının Newton modeli için kıyaslanması

Yukarıda Şekil 4.9 ve şekil 4.10'da örnek olarak verilen grafikler ve denklemlerinden elde edilen k sabiti ve R^2 değeri tüm sıcaklık ve fan seviyeleri için de uygulanmıştır.

Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.6’de özetlenmiş, grafikler ise Ek-C’de Newton modeli için ayrı ayrı verilmiştir.

Çizelge 4.6. Newton Kurutma Modeli

Kurutma Koşulu	t (dakika)	m (g)	MR	Hes.MR	RSS	χ^2	k	R ²
50°C & 1.seviye	0	230,25	1	1	0,014508	0,000237	0,0024	0,9893
	30	216,79	0,9363	0,93053				
	60	205,21	0,8815	0,86589				
	90	194	0,8284	0,80574				
	120	182	0,7716	0,74976				
	150	168,5	0,7077	0,69768				
	180	157,01	0,6533	0,64921				
	210	144,13	0,5923	0,60411				
50°C & 2.seviye	0	122,04	1	1	0,029416	0,003677	0,0082	0,9623
	30	102,45	0,8099	0,78192				
	60	88,49	0,6744	0,61142				
	90	73,39	0,5279	0,47807				
	120	57,37	0,3724	0,37381				
	153	45,38	0,256	0,28519				
	181	36,62	0,171	0,22668				
	211	27,95	0,0869	0,17725				
50°C & 3.seviye	0	191,18	1	1	0,005443	0,00068	0,0043	0,9914
	30	175,98	0,906	0,87897				
	60	158,92	0,8126	0,7726				
	90	143,52	0,7232	0,67909				
	150	108,92	0,5222	0,52466				
	180	100,63	0,4741	0,46116				
	210	87,82	0,3997	0,40535				
	240	78,32	0,3445	0,35629				
40°C & 1.seviye	0	237,67	1	1	0,001482	0,000185	0,0019	0,9989
	30	224,88	0,94151	0,94459				
	60	213,9	0,891297	0,89226				
	90	204,28	0,847304	0,84282				
	120	194,66	0,803311	0,79612				
	150	184,01	0,754607	0,75201				
	180	173,22	0,705264	0,71035				
	210	161,36	0,651027	0,67099				
40°C & 2.seviye	0	194,86	1	1	0,001495	0,000187	0,002	0,9971
	30	186,55	0,9496	0,94176				
	90	167,32	0,8434	0,8327				
	120	158,08	0,7909	0,78663				
	150	148,69	0,7375	0,74081				
	180	140,41	0,6904	0,69768				
	210	132,59	0,6459	0,65705				
	240	125,28	0,6043	0,61878				
40°C & 3.seviye	0	197,18	1	1	0,002905	0,000363	0,0022	0,9863
	30	190,54	0,9608	0,93613				
	60	175,45	0,878	0,87634				
	90	170,06	0,8478	0,82037				
	120	158,32	0,7819	0,76797				
	150	147,81	0,7229	0,71892				
	180	137,46	0,6648	0,67301				
	210	128,5	0,6145	0,63002				
	240	118,39	0,5578	0,58978				

Çizelge 4.6. devam

Kurutma Koşulu	t (dakika)	m (g)	MR	Hes.MR	RSS	χ^2	k	R ²
30°C & 1.seviye	0	174,73	1	1	0,001184	0,000148	0,0014	0,9906
	38	170,27	0,971361	0,94819				
	58	164,58	0,934823	0,92201				
	97	156,76	0,884608	0,87302				
	121	152,07	0,854492	0,84417				
	148	147,2	0,82322	0,81286				
	185	140,84	0,78238	0,77182				
	213	135,2	0,746163	0,74212				
30°C & 2.seviye	0	224,04	1	1	0,00115	0,000144	0,0017	0,9961
	30	215,23	0,957033	0,95028				
	60	206,5	0,914456	0,90303				
	90	195,79	0,862222	0,85813				
	120	186,23	0,815597	0,81546				
	150	177,99	0,77541	0,77492				
	180	168,17	0,727517	0,73639				
	210	159,89	0,687134	0,69977				
30°C & 3.seviye	0	254,13	1	1	0,000464	0,0000580	0,0015	0,9989
	30	243,42	0,954451	0,95599				
	56	236,03	0,923021	0,91943				
	94	223,9	0,871433	0,86849				
	124	215,25	0,834645	0,83027				
	151	206,71	0,798324	0,79732				
	181	197,61	0,759622	0,76223				
	206	188,11	0,719219	0,73418				
	240	179,81	0,68392	0,69768				

Eşit kurutma süresi zarfında sıcaklık düştükçe, yaş sodyum kazeinat karışımı içerisindeki nem oranı artmaktadır. Newton kurutma modeli için hesaplanan en az nem oranı (0,13523), 50°C sıcaklık ve 2. Seviye fan gücü koşullarında sağlanmıştır. Dolayısıyla endüstriyel üretimde hem daha kısa sürede hem de en az nem oranına sahip olması, maliyeti düşürmek adına ve aynı maliyetle daha çok üretim yapılabilmesi bakımından bu koşullarda çalışılması avantaj sağlayacaktır. Kurutma süresine göre değişiklik gösteren MR ve Hes.MR değerleri 50°C sıcaklık için 1. Seviyede; 40°C için 1.seviyede ve 30°C için 3.seviyede en az sapmaya sahip olduğu belirlenmiş, diğer seviyelerde ise gözlenen sapmaların kabul edilebilir aralıklarda olduğu saptanmıştır. Kurutma sıcaklığı azaldıkça aynı seviyeler için modelde yer alan k sabitinin de azaldığı gözlenmiştir. Süreler sabit tutulduğunda en yüksek k (0,0082) değeri 50°C ve 2. Seviyede sağlanmıştır. Sıcaklık değiştikçe, fonksiyonda yer alan doğrusal denklemin eğiminin (k sabiti) azalması, yaş sodyum kazeinat karışımının içerisindeki nem oranının artmasına sebep olmaktadır. Newton kurutma modelinin kurutma parametreleri ile uyumluluğuna karar verebilmek için RSS, χ^2 ve R² değerleri hesaplanmıştır. 50°C sıcaklık için 3. Seviye, 40°C sıcaklık için 1. Seviye ve 30°C sıcaklık

için ise 3. Seviyelerde çalışılması Newton kurutma modeli tarafından uyumlu olduğuna karar verilmiştir (Çizelge 4.6).

4.3. Efervesan tablet numunelerinin üretimi

4.3.1. Toz fenolik-sodyum kazeinat karışımının üretimi

Zerdeçal, tarçın ve nar meyvesi kabuğu, antioksidan karışımlarının üretilmesinde ham madde olarak kullanıldı. Belirtilen bu materyallerin ekstraksiyonu, klasik ekstraksiyon yöntemi ve saf su çözünürlüğünde 50°C sıcaklık, 90 dakika süre, 4/160 g/ml katı/sıvı oranı parametreleri kullanılarak gerçekleştirildi. Elde edilen karışımlar filtre kâğıdından süzülerek antioksidan karışımları elde edildi (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Fenolik içerikli ekstraktlar

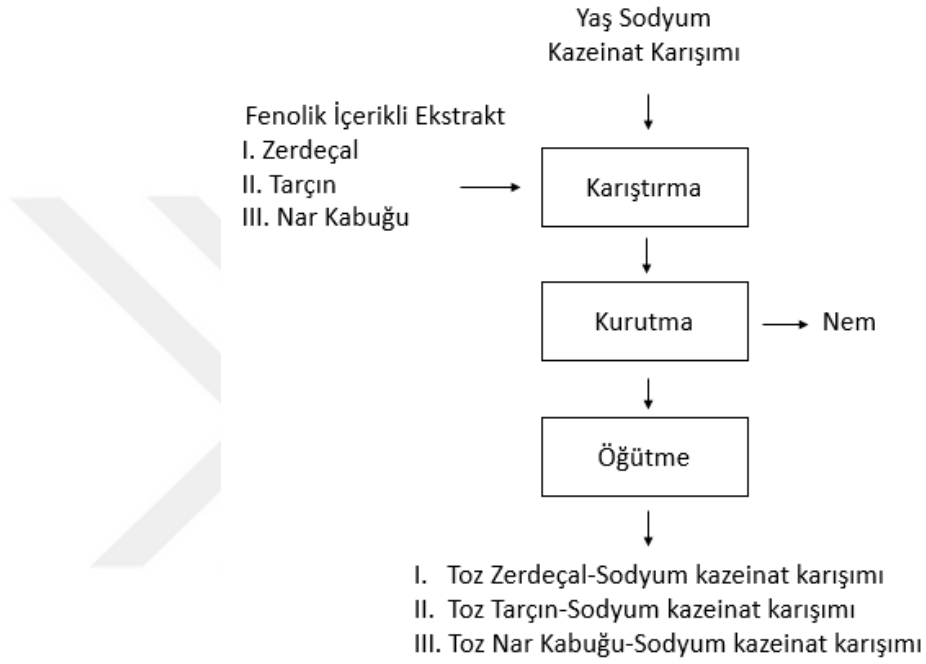
Üretilen fenolik içerikli ekstraktların (90 ml) her biri ayrı ayrı yaş sodyum kazeinat (30 g) karışımı (Şekil 4.12) ile karıştırılmış ve daha sonrasında belirlenen kurutma koşullarında (50°C-2.seviye) kurutulmuştur. Kurutulan fenolik-sodyum kazeinat karışımları, efervesan tabletin bileşeni olarak kullanılmak üzere öğütülerek (Şekil 4.13.) toz haline getirilmiştir. Efervesan tablet oluşturulmasında kullanılan bu fenolik-sodyum kazeinat oluşturma prosedürü Şekil 4.14’de özetlenmiştir.



Şekil 4.12. Yaş sodyum kazeinat



Şekil 4.13. Toz fenolik-sodyum kazeinat



Şekil 4.14. Fenolik-Sodyum kazeinat karışımının üretiminin akım şeması

4.3.2. Box-Behnken deney dizaynı ile efervesan tabletlerin üretimi

ZET, TET ve NKET numuneleri Box-Behnken deney dizaynı kullanılarak sırasıyla Çizelge 4.7’de yer alan kombinasyonlar ile hassas terazide Çizelge 4.8’de yer alan kütlerde tartılarak efervesan tablet karışımları oluşturulmuştur.

Çizelge 4.7. Box-Behnken deney dizaynında kullanılan A,B ve C parametre kombinasyonları

Deney No	A	B	C
1	-1	-1	0
2	+1	-1	0
3	-1	+1	0
4	+1	+1	0
5	-1	0	-1
6	+1	0	-1
7	-1	0	+1
8	+1	0	+1
9	0	-1	-1
10	0	+1	-1
11	0	-1	+1
12	0	+1	+1
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0

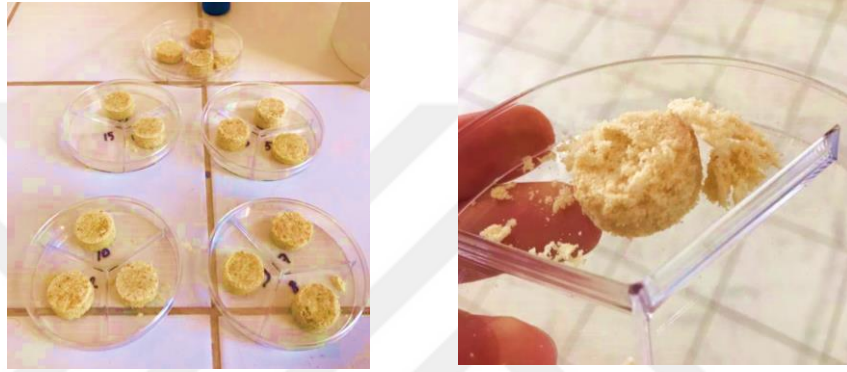
Çizelge 4.8. Efervesan tablet bileşenlerinin miktarları

Bileşen	-1	0	+1
A: Limon Tuzu (mg)	240,0	365,0	450,0
A: Karbonat (mg)	540,5	822,0	1103,5
A: Fenolik-Sodyum Kazeinat (mg)	460,3	700,0	939,7
B: D-glikoz (mg)	250,0	400,0	550,0
C: Jelatin (mg)	150,0	200,0	250,0

ZET, TET ve NKET için tartımları alınan karışımlar ayrı ayrı metal bir boru içerisinde 50°C sıcaklık ve bir yük altında 20 dakika preslenmiş ve efervesan tablet formu oluşturulmuştur (Şekil 4.14). Sürenin 10 ve 15 dakika, sıcaklığın ise 50°C'den düşük seviyelerde uygulanmasının oluşturulan tabletlerin dağılmasına neden olduğu gözlenmiştir. Sıcaklığın 50°C'den yüksek seviyelerde alınması ise efervesan tablet içerisindeki protein yapısını denatüre edebileceğinden dolayı tercih edilmemiştir (Şekil 4.15).



Şekil 4.14. Efervesan tabletin oluşturulmasında kullanılan kalıp düzeneği



Şekil 4.15. Efervesan tabletlerin kalıp sonrası görüntüleri

4.4. Efervesan tablet numunelerinin analizi

Belirtilen amaç doğrultusunda, Box-Behnken deney dizaynı ile üretilen ZET, TET ve NKET oda koşullarında 250 ml su içerisinde çözdürülmüş ve daha sonra (çözünme süresi, fenolik miktarı, pH, kuru madde miktarı, şeker miktarı, toplam asitlik, viskozite ve yoğunluk) analizleri yapılmıştır. Analizler sonucu elde edilen ham veriler Ek-A'da yer almaktadır. Analizlere ait hesaplamalar matematiksel denklemler kullanılarak yapılmıştır ve örnek hesaplamalar Ek-B'de yer almaktadır. Referans efervesan tabletlerin analiz sonuçları ise Ek-C'de yer almaktadır. Efervesan tabletlerin bileşenlerini oluşturan A, B ve C parametrelerinin analiz sonuçları üzerindeki etkisi ve optimizasyonu Design Expert programı ile gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlara aşağıda yer verilmiştir.

4.4.1. ZET için gerçekleştirilen analiz sonuçları

4.4.1.1. ZET çözünme süresi

Design Expert programına göre modelin kabul edilebilir olması için modelin “significant”, “Lack of Fit” değerinin tespiti durumunda “not-significant” olması ve modele ait karmaşa (“Aliased”) olmaması (Çizelge 4.9-4.11) gerekmektedir. ZET çözünme süresi değerleriyle elde edilen ANOVA tablosunun verildiği Çizelge 4.9 incelendiğinde, program tarafından önerilen indirgenmiş kübik model seçilmiştir. Programa göre F değerinin en yüksek, P değerinin en düşük olduğu değer en etkin parametreyi göstermektedir. A, B ve C olarak kodlanmış parametreler sırasıyla limon Tuzu, karbonat ve fenolik karışımını, D-glikoz ve jelatin miktarlarını temsil etmektedir. A parametresinin P değeri 0.01 den küçük olması da sonuç üzerinde belirgin bir etkisinin olduğunu, B ve C parametrelerinin ise çözünme süresi üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını göstermektedir.

Çizelge 4.9. ZET’in çözünme süresi için ANOVA verileri

ANOVA for Response Surface Reduced Cubic model						
Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]						
	Sum of		Mean	F	p-value	
Source	Squares	df	Square	Value	Prob > F	
Model	93636.25	12	7803.02	383.64	0.0026	significant
A-A	22473.01	1	22473.01	1104.90	0.0009	
B-B	369.99	1	369.99	18.19	0.0508	
C-C	319.16	1	319.16	15.69	0.0582	
AB	16150.60	1	16150.60	794.05	0.0013	
AC	4.49	1	4.49	0.22	0.6846	
BC	567.15	1	567.15	27.88	0.0340	
A ²	14570.76	1	14570.76	716.38	0.0014	
B ²	329.50	1	329.50	16.20	0.0565	
C ²	22.18	1	22.18	1.09	0.4060	
A ² B	6571.16	1	6571.16	323.08	0.0031	
A ² C	17.67	1	17.67	0.87	0.4497	
AB ²	15.76	1	15.76	0.78	0.4715	
Pure Error	40.68	2	20.34			
Cor Total	93676.93	14				

Std.Dev.: 4.51 ; C.V.%: 6.19; R-Squared: 0.9996; Adj R-Squared: 0.9970; Pred R-Squared: N/A

Çizelge 4.10. ZET'in çözünme süresi için uygun görülmeyen kübik modele ait ANOVA verileri

ANOVA for Response Surface Cubic model (Aliased)						
Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]						
	Sum of		Mean	F	p-value	
Source	Squares	df	Square	Value	Prob > F	
Model	93636,25	12	7803,02	383,64	0,0026	significant
A-A	22473,01	1	22473,01	1104,90	0,0009	
B-B	369,99	1	369,99	18,19	0,0508	
C-C	319,16	1	319,16	15,69	0,0582	
AB	16150,60	1	16150,60	794,05	0,0013	
AC	4,49	1	4,49	0,22	0,6846	
BC	567,15	1	567,15	27,88	0,0340	
A ²	14570,76	1	14570,76	716,38	0,0014	
B ²	329,50	1	329,50	16,20	0,0565	
C ²	22,18	1	22,18	1,09	0,4060	
ABC	0,000	0				
A ² B	6571,16	1	6571,16	323,08	0,0031	
A ² C	17,67	1	17,67	0,87	0,4497	
AB ²	15,76	1	15,76	0,78	0,4715	
AC ²	0,000	0				
B ² C	0,000	0				
BC ²	0,000	0				
A ³	0,000	0				
B ³	0,000	0				
C ³	0,000	0				
Pure Error	40,68	2	20,34			
Cor Total	93676,93	14				

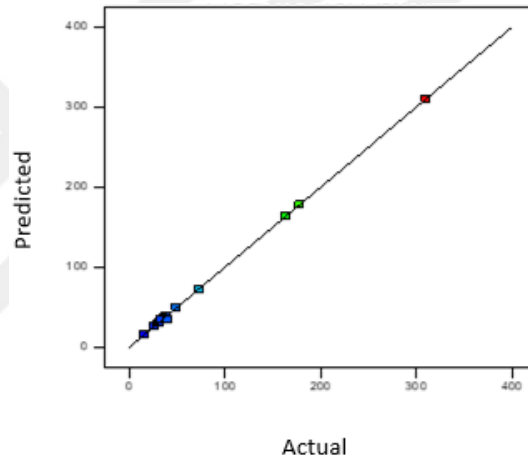
Çizelge 4.11. ZET'in çözünme süresi için uygun görülmeyen kuadratik modele ait ANOVA verileri

ANOVA for Response Surface Quadratic model						
Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]						
	Sum of		Mean	F	p-value	
Source	Squares	df	Square	Value	Prob > F	
Model	87031,65	9	9670,18	7,28	0,0208	significant
A-A	43278,29	1	43278,29	32,56	0,0023	
B-B	11721,34	1	11721,34	8,82	0,0312	
C-C	443,57	1	443,57	0,33	0,5885	
AB	16150,60	1	16150,60	12,15	0,0175	
AC	4,49	1	4,49	3,382E-003	0,9559	
BC	567,15	1	567,15	0,43	0,5424	
A ²	14570,76	1	14570,76	10,96	0,0212	
B ²	329,50	1	329,50	0,25	0,6397	
C ²	22,18	1	22,18	0,017	0,9023	
Residual	6645,28	5	1329,06			
Lack of Fit	6604,60	3	2201,53	108,24	0,0092	significant
Pure Error	40,68	2	20,34			
Cor Total	93676,93	14				

Design Expert tarafından istatistiksel olarak doğrulanmış modeli ifade eden kodlanmış faktörler içeren matematiksel eşitlik denklem 4.7’de verilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{Çözünme Süresi} = & +35.66 + 74.96A - 9.62B - 8.93C - 63.54AB - 1.06AC + \\ & 11.91BC + 62.82A^2 + 9.45B^2 - 2.45C^2 - 57.32A^2B + 2.97A^2C - \\ & 2.81AB^2 \end{aligned} \quad (4.7)$$

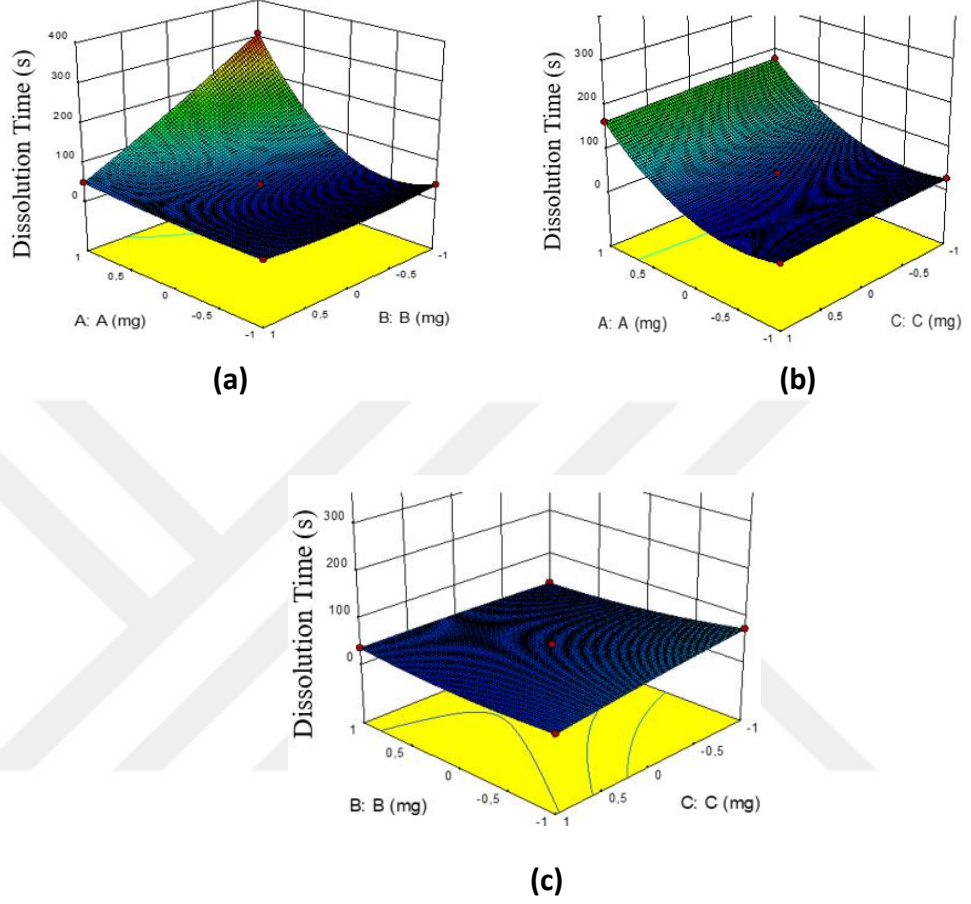
Deneysel ve tahmini değerlerin 45 derecelik doğru üzerinde bir sapma oluşturmaması, R² değerinin 0.9996 ve Std.Dev. 4.51 olması, modelin deneysel veriler ile uyumluluğunu ispat etmektedir (Şekil 4.16).



Şekil 4.16. ZET'in çözülme süresi için tahmini ve deneysel değerlerin karşılaştırılması

Üç boyutlu yüzey grafikleri, ZET çözünme süresi üzerinde A, B ve C parametrelerinin ikili etkilerini içermektedir (Şekil 4.17 a, b ve c). Şekil 4.17(a)’da A parametresinin +1 değerinde, B parametresinin ise -1 değerinde alındığında çözünme süresinin maksimum 300 saniyede olacağı görülmüştür. Referans efervesan tabletlerin 250ml suda ortalama 110 saniyede çözüldüğü belirlendiğinden, A ve B parametrelerinin 0 değerinde alınması durumunda istenilen çözünme süresinin sağlanacağı tespit edilmiştir. Grafik b’de A parametresinin +0.5 ile +1 değer aralığında, C parametresinin ise -1 ve +1 değer aralığında alınması durumunda, efervesan tabletin AB ikili etkisine göre %50 daha az sürede çözülmesini sağlayacağı görülmektedir. Grafik c’de B ve C parametrelerinin ikili etkisinin çözülme süre üzerinde etkili olmadığı görülmüştür.

Çözünme süresinin 250ml suda ortalama 110 saniyede gerçekleştirilebilmesi için; A, B ve C parametrelerinin sırasıyla optimum değerlerinin +1.000, +0.500 ve -0.285 olması gerektiği çıkarımı yapılmıştır.



Şekil 4.17. ZET çözünme süresi için üç boyutlu yüzey grafikleri (a) AB parametrelerinin ikili etkisi, (b) AC parametrelerinin ikili etkisi, (c) BC parametrelerinin ikili etkisi.

4.4.1.2. ZET fenolik miktarı

ZET fenolik analizinden elde edilen değerlerin optimizasyonu için, Çizelge 4.12.'de yer alan R^2 değerinin 1.0'e çok yakın ve C.V. %0,66 değerinin kabul edilebilir bir aralıkta olması indirgenmiş kübik modelin uygunluğunu göstermektedir. ANOVA tablosuna göre A, B ve C parametrelerinin tekli etkilerinin sonuç üzerinde sırasıyla %98,12, %1,35 ve %0,53 olduğu saptanmıştır. P değerinin 0,01 den küçük olması, o parametrenin sonuç üzerinde belirgin etkisinin olduğunu göstermektedir. Bundan dolayı da A parametresinin P değerinin 0,0002 olması belirgin bir etkisinin olduğunu,

B ve C parametrelerinin ise 0,01'den büyük olması belirli bir etkisinin olmadığını göstermiştir. En etkin değere A parametresinin sahip olması, içerisinde bulunan bileşenlerden birinin fenolik kaynağı olması nedeniyle beklenen bir sonuçtur.

Çizelge 4.12. ZET'in fenolik miktarı için ANOVA verileri

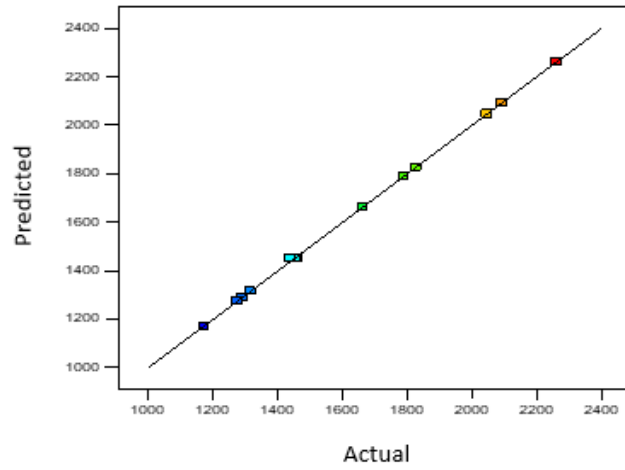
ANOVA for Response Surface Reduced Cubic model						
Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]						
	Sum of		Mean	F	p-value	
Source	Squares	df	Square	Value	Prob > F	
Model	1.660 x 10 ⁶	12	1.384 x 10 ⁵	1226.67	0.0008	significant
A-A	7.376 x 10 ⁵	1	7.376 x 10 ⁵	6539.53	0.0002	
B-B	10127.40	1	10127.40	89.78	0.0110	
C-C	3994.87	1	3994.87	35.42	0.0271	
AB	1.220 x 10 ⁵	1	1.220 x 10 ⁵	1081.40	0.0009	
AC	7586.41	1	7586.41	67.26	0.0145	
BC	3994.87	1	3994.87	35.42	0.0271	
A ²	1807.44	1	1807.44	16.02	0.0571	
B ²	3324.74	1	3324.74	29.48	0.0323	
C ²	3.252 x 10 ⁵	1	3.252 x 10 ⁵	2883.26	0.0003	
A ² B	1.615 x 10 ⁵	1	1.615 x 10 ⁵	1431.37	0.0007	
A ² C	2113.48	1	2113.48	18.74	0.0494	
AB ²	81646.38	1	81646.38	723.83	0.0014	
Pure Error	225.59	2	112.80			
Cor Total	1.661 x 10 ⁶	14				

Std. Dev.: 10.62; C.V. %: 0.66; R-Squared: 0.9999; Adj R-Squared: 0.9990; Pred R-Squared: N/A

ZET'in fenolik miktarını ifade eden yüzeyin denklemi 4.8'de verilmiştir.

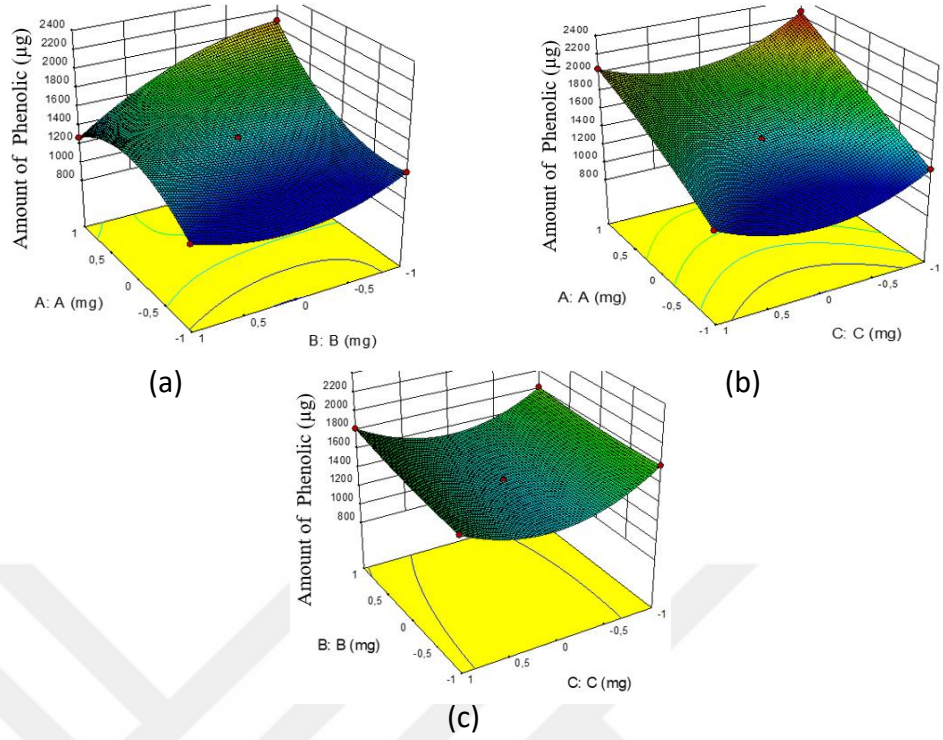
$$\begin{aligned}
 \text{Fenolik miktarı} = & +1449.48 + 429.43A + 50.32B - 31.60C - 174.63AB \\
 & -43.55AC + 31.60BC - 22.12A^2 + 30.01B^2 + 296.78C^2 - 284.13A^2B - \\
 & 32.51A^2C - 202.05AB^2
 \end{aligned}
 \tag{4.8}$$

Şekil 4.18'de yer alan deneysel ve tahmini değerlerin tümünün 45 derecelik çizgi üzerinde olması, seçilen modelin deneysel veriler ile uyumluluğunu ve önemli bir standart sapma olmadığını desteklemektedir.



Şekil 4.18. ZET'in fenolik miktarı için tahmini ve deneysel değerlerin karşılaştırılması

Şekil 4.19(a)'da A parametresinin +1, B'nin ise -1 değerinde alındığında tablet içerisindeki fenolik miktarının 100ml'de yaklaşık maksimum değerinde (2500 μg) olacağını göstermektedir. A parametresinin maksimum değerinde +1, B parametresinin 0 değerinde alınmasının toplam fenolik miktarında kütlece %14.3'lük azalmaya neden olacağı tespit edilmiştir. Şekil4.19(b)'de A parametresinin +1 değerinde, C parametresinin ise -1 olarak alındığında tablet içerisindeki fenolik miktarının 100ml içerisinde maksimum 2200 μg değerinde olacağı görülmektedir. A parametresi +1 değerinde sabit tutulduğunda C parametresi +1 ile -1 değerleri arasında alındığında bile 1900 μg /100ml çözelti değerine ulaşabildiği, C parametresinin kayda değer bir değişime yol açmadığı, toplam fenolik miktarını sadece kütlece %18 etkilediği de grafikte görülmektedir. Şekil 4.19(c)'de B ve C parametrelerinin ikili etkileri toplam fenolik miktarı üzerinde çok etkin olmadığı görülmektedir. Sonuç olarak A(+0.985), B(-0.826) ve C(-0.970) değerlerine karşılık gelen miktarlarında alındığında maksimum 100 ml içerisinde (2471.568 μg) fenolik içerik olacağı belirlenmiştir.



Şekil 4.19. ZET fenolik içeriği için üç boyutlu yüzey grafikleri (a) AB parametrelerinin ikili etkisi, (b) AC parametrelerinin ikili etkisi, (c) BC parametrelerinin ikili etkisi

4.4.1.3. ZET diğer analiz sonuçları

Zerdeçal ekstraktlı efervesan tabletlerle gerçekleştirilen diğer analiz sonuçları (pH, kuru madde, şeker, toplam asitlik, viskozite ve yoğunluk) Çizelge 4.13’de yer verilmiştir. Yukarıda da belirtildiği üzere Design Expert programına göre modelin önemli (“significant”); uygunsuzluğun (“lack of fit”) önemli değil (“not-significant”); ve karmaşa (“Aliased”) olmayan modeller üzerinden değerlendirme yapılmıştır. Bu analizlerde, Box-Behnken deney dizaynı ile gerçekleştirilen efervesan tabletlerin yukarıda belirtilen özelliklerinin değerlerinin birbirine çok yakın olduğu tespit edilmiş ve parametrelerdeki değişimin bu özellikler üzerinde belirgin bir değişime neden olmadığı tespit edilmiştir. ZET’in optimum koşulları sağlandığında pH değerinin 6,81 olduğu ölçülmüştür. Kuru madde miktarı R^2 değerinin bire çok yakın olması ve program tarafından karmaşa içermemesinden dolayı indirgenmiş kübik model seçilmiştir. Şeker miktarını en çok etkileyen, F (%95 oranla) değerinin en yüksek ve P değerinin 0,01’den küçük olmasından dolayı, B parametresi olduğuna karar verilmiştir. Toplam asitlik değeri lineer model ile optimum koşullarda 0,901 olduğu

saptanmıştır. Efervesan tablet çözeltisinin viskozitesinin 0,001cp olduğu ve yoğunluğunun ise 0,992 g/cm³ sabit olmasından dolayı A,B ve C parametrelerinin yoğunluk üzerinde bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.13. ZET çözeltilerinin belirlenen diğer özellikleri

pH					
		Parametreler			Ön görülen değer ve optimum koşullar
Model	R ²	F Değeri	P Değeri		
Lineer	0,5262	A=4,57 B=4,37 C=3,28	A=0,0559 B=0,0606 C=0,0974	Significant	6,809 A=1,000 B=0,580 C=-0,071
Kübik	0,9460			not-significant	
Kuadratik	0,7227			not-significant	
Kuru Madde					
		Parametreler			Ön görülen değer ve optimum koşullar
Model	R ²	F Değeri	P Değeri		
İndirgenmiş Kübik	0,9919	A=3,95 B=3,95 C=3,95	A=0,1853 B=0,1853 C=0,1853	Significant	0,203 A=1,000 B=-0,612 C=-0,635
Kübik	0,9919			Aliased	
Kuadratik	0,8314			not-significant	
Şeker					
		Parametreler			Ön görülen değer ve optimum koşullar
Model	R ²	F Değeri	P Değeri		
Kuadratik	0,9426	A=1,11 B=54,28 C=1,56	A=0,3410 B=0,0007 C=0,2666	Significant	1016,987 A=1,000 B=-0,960 C=-0,596
Kübik	0,9931			Aliased	
Lineer	0,6541			Significant	
Toplam Asitlik					
		Parametreler			Ön görülen değer ve optimum koşullar
Model	R ²	F Değeri	P Değeri		
Linear	0,4961	A=9,54 B=0,54 C=0,75	A=0,0103 B=0,4798 C=0,4036	Significant	0,901 A=1,000 B=-0,398 C=0,901
Quadratic	0,6892			not-significant	
Qubic	0,8494			not-significant	
Viskozite					
		Parametreler			Ön görülen değer ve optimum koşullar
Model	R ²	F Değeri	P Değeri		
İndirgenmiş Kübik	0,9990	A=137,29 B=32,14 C=51,57	A=0,0072 B=0,0297 C=0,0188	Significant	0,001 A=1,000 B=-0,577 C=-0,856
Kübik	0,9990			Aliased	
Kuadratik	0,9080			Significant(Lack of Fit)	
Yoğunluk					
		Parametreler			Ön görülen değer ve optimum koşullar
Model	R ²	F Değeri	P Değeri		
Mean	0,0000	A= - B= - C= -	A= - B= - C= -		0,992 A=1,000 B=0,000 C=-1,000
Lineer	0,1154			not-significant	
Kübik	0,9771			not-significant	

4.4.2. TET için gerçekleştirilen analiz sonuçları

4.4.2.1. TET çözünme süresi

TET çözünme süresine A, B ve C parametrelerinin tekli ve ikili etkileri Çizelge 4.14’de verilmiştir. Önerilen indirgenmiş kübik modelin; R^2 değerinin 1.0 ve standart sapmasının kabul edilebilir aralıkta olmasından dolayı modelin uygunluğuna karar verilmiştir. Çözünme süresine etki eden tekli parametreler sırasıyla C, A ve B’dir. P değerleri 0,01’den küçük olduğu için üç parametrenin de sonuç üzerinde belirgin etkisi vardır. İkili etkiler incelendiğinde ise sırasıyla AB, BC ve AC olduğuna karar verilmiştir.

Çizelge 4.14. TET’in çözünme süresi için ANOVA verileri

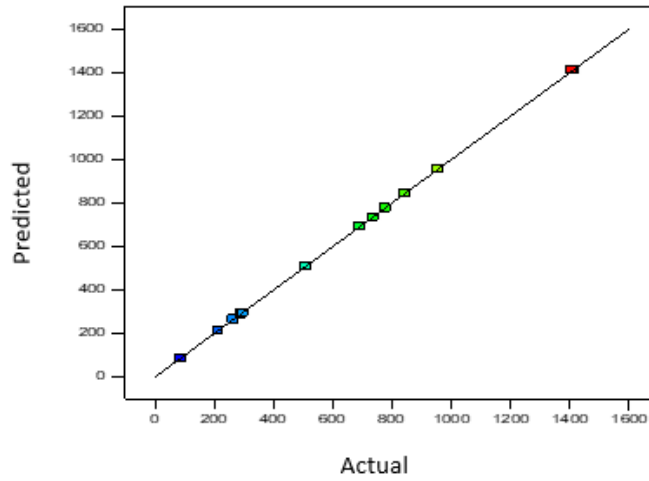
ANOVA for Response Surface Reduced Cubic model						
Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]						
	Sum of		Mean	F	p-value	
Source	Squares	df	Square	Value	Prob > F	
Model	2.952×10^6	12	2.460×10^5	11345.78	< 0.0001	significant
A-A	1.890×10^5	1	1.890×10^5	8714.49	0.0001	
B-B	2804.23	1	2804.23	129.33	0.0076	
C-C	2.469×10^5	1	2.469×10^5	11387.07	< 0.0001	
AB	94710.06	1	94710.06	4367.96	0.0002	
AC	1357.19	1	1357.19	62.59	0.0156	
BC	26242.38	1	26242.38	1210.28	0.0008	
A ²	1.391×10^6	1	1.391×10^6	64171.50	< 0.0001	
B ²	7.752×10^5	1	7.752×10^5	35749.45	< 0.0001	
C ²	3.393×10^5	1	3.393×10^5	15649.20	< 0.0001	
A ² B	95639.70	1	95639.70	4410.84	0.0002	
A ² C	1.275×10^5	1	1.275×10^5	5880.67	0.0002	
AB ²	32072.85	1	32072.85	1479.18	0.0007	
Pure Error	43.37	2	21.68			
Cor Total	2.952×10^6	14				

(Std. Dev.: 4.66; C.V. %: 0.69; R-Squared: 1.0000; Adj R-Squared: 0.9999; Pred R-Squared:N/A)

İndirgenmiş kübik modeli ifade eden yüzeyin eşitliği denlem 4.9’da verilmiştir.

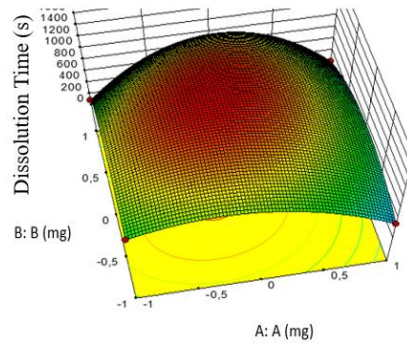
$$\begin{aligned} \text{Çözünme Süresi} = & +1412.67 - 217.35A + 26.48B + 248.45C + \\ & 153.88AB + 18.42AC - 81.00BC - 613.88A^2 - 458.19B^2 - 303.15C^2 \\ & -218.68A^2B + 126.63AB^2 \end{aligned} \quad (4.9)$$

Deneysel ve tahmini değerlerin aynı doğru üzerinde olması (Şekil 4.20) ve R^2 değerinin de 1.0 olması istatistiksel olarak modelin doğrulunu desteklemektedir.

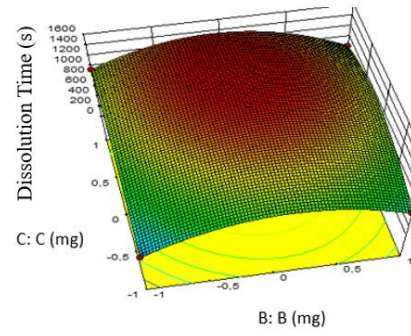


Şekil 4.20. TET'in çözünme süresi için tahmini ve deneysel değerlerin karşılaştırılması

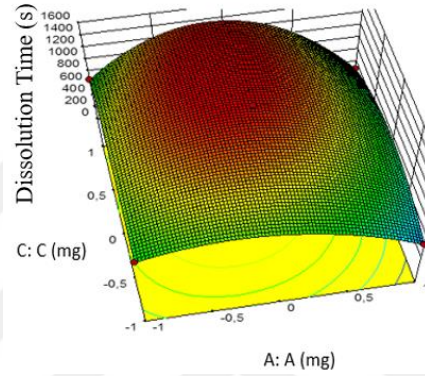
Şekil 4.21 (a),(b) ve (c)'de yer alan üç boyutlu yüzey grafikleri, TET çözünme süresine etki eden A, B ve C parametrelerinin ikili etkilerini göstermektedir. Şekil 4.21(a)'da A ve B parametrelerinin 0 değerinde olması çözünme süresinin maksimum 700 saniye olacağını göstermektedir. Şekil 4.21(b)'de B parametresinin +0.5 ile -0.5, C parametresinin ise +1 ile +0.5 değer aralığında alınması, çözünme süresinde %85.71 artışa sebep olmaktadır. Süredeki aynı orandaki artış, Şekil 4.21(c)'de AC parametrelerinin ikili etkisinde de görülmektedir. Sonuç olarak, TET için C parametresi +1 değerine yaklaştıkça, çözünme süresinde ciddi bir artışa neden olduğu anlaşıldı. Referans çözeltilerinin çözünme süresi göz önünde bulundurulduğunda, C parametresi (jelatin) miktarının -1 değerine yakın olması gerektiği sonucuna varıldı. Efervesan tabletin istenilen sürede çözünmesi ve fenolik değerinin maksimum olması için, A, B ve C parametrelerinin sırasıyla optimum değerlerinin +1.000, -0.992 ve -0.637 olduğuna karar verildi.



(a)



(b)



(c)

Şekil 4.21. TET çözünme süresi için üç boyutlu yüzey grafikleri (a) AB parametrelerinin ikili etkisi, (b) AC parametrelerinin ikili etkisi, (c) BC parametrelerinin ikili etkisi.

4.4.2.2. TET fenolik miktarı

Belirlenen koşullarda üretilen efervesan tabletlerin fenolik miktarı maksimum değerde olması istenmektedir. Çizelge 4.15’de yer alan R^2 değerinin 0.9994, Std. Dev.:72.34 ve C.V. %2.29 değerlerinin kabul edilebilir bir aralıkta olması, seçilen indirgenmiş kübik modelin uygunluğunu göstermektedir. A parametresi, içerisinde bulunan tarçın nedeniyle, F değeri en yüksek ve en etkin (%74.05) parametredir. Fenolik miktarını, C parametresi %24.06 ve B parametresi ise %1.89 etkilemektedir.

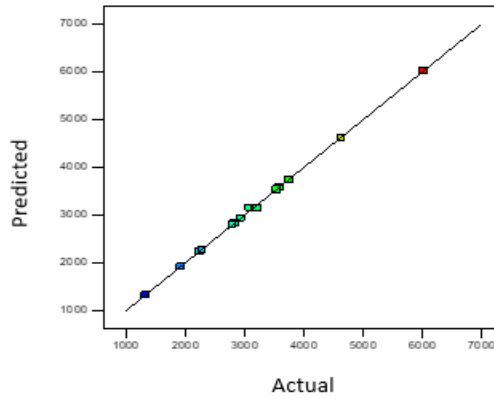
Çizelge 4.15. TET fenolik içeriği için ANOVA verileri

ANOVA for Response Surface Reduced Cubic model						
Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]						
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value	Prob > F
Model	1.782 x 10 ⁷	12	1.485 x 10 ⁶	283.84	0.0035	significant
A-A	5.400 x 10 ⁶	1	5.400 x 10 ⁶	1031.93	0.0010	
B-B	1.379 x 10 ⁵	1	1.379 x 10 ⁵	26.36	0.0359	
C-C	1.754 x 10 ⁶	1	1.754 x 10 ⁶	335.21	0.0030	
AB	1.907 x 10 ⁵	1	1.907 x 10 ⁵	36.44	0.0264	
AC	2.004 x 10 ⁶	1	2.004 x 10 ⁶	383.06	0.0026	
BC	2.632 x 10 ⁵	1	2.632 x 10 ⁵	50.30	0.0193	
A ²	5.144 x 10 ⁵	1	5.144 x 10 ⁵	98.31	0.0100	
B ²	48639.00	1	48639.00	9.30	0.0928	
C ²	8.456 x 10 ⁵	1	8.456 x 10 ⁵	161.60	0.0061	
A ² B	6229.40	1	6229.40	1.19	0.3892	
A ² C	4.803 x 10 ⁶	1	4.803 x 10 ⁶	917.78	0.0011	
AB ²	1.485 x 10 ⁵	1	1.485 x 10 ⁵	28.39	0.0335	
Pure Error	10465.59	2	5232.79			
Cor Total	1.783 x 10 ⁷	14				

(Std. Dev.:72.34; C.V. %: 2.29; R-Squared:0.9994; Adj R-Squared: 0.9959; Pred R-Squared: N/A)

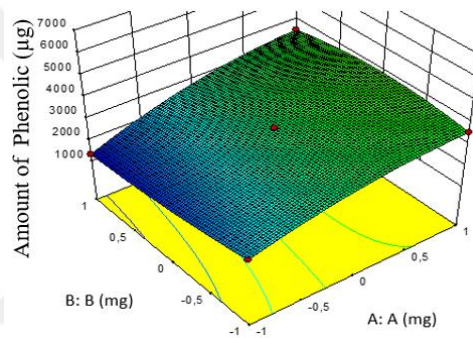
45 derecelik çizgi üzerinde sonuçların yer alması, modelin uyumluluğunu göstermekte (Şekil 4.22) ve yüzeyi ifade eden denklem 4.10'da yer almaktadır.

$$\begin{aligned}
 \text{Fenolik miktarı} = & +3161.01 + 1161.88A - 185.71B - 662.21C + 218.34AB \\
 & +707.90AC + 256.53BC - 373.26A^2 - 114.77B^2 + 478.57C^2 - 55.81A^2B \\
 & +1549.61A^2C - 272.52AB^2
 \end{aligned} \quad (4.10)$$

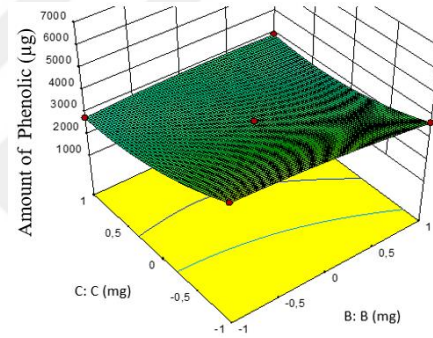


Şekil 4.22. TET fenolik içeriği için tahmini ve deneysel değerlerin karşılaştırılması

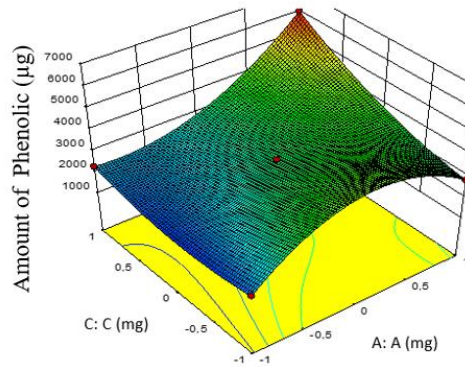
Şekil 4.23(a)'da A parametresinin +0.5 ile +1 aralığında, B parametresinin ise 0 değerlerinde alınması durumunda, tablet içerisindeki fenolik miktarının yaklaşık 4000 μ g olacağı görülmektedir. A parametresindeki 1 birimlik değişim fenolik miktarını %50 azaltmaktadır. Şekil 4.23(b)'de BC ikili parametrelerinin maksimum değerinin fenolik miktarını yaklaşık olarak 700 μ g azalttığı belirlenmiştir. A ve B parametrelerinin +1 değerinde alınması, maksimum yaklaşık 6000 μ g fenolik madde içeriğin üreteceği ve en etkili ikili parametre olduğu Şekil 4.23(c)'de görülmektedir. Sonuç olarak A(+1.000), B(+0.189) ve C(0.999) parametrelerinin değerlerinde alınması ve sonuçta da 6049.169 μ g fenolik bileşen içeriği şeklinde proses optimize edilmiştir.



(a)



(b)



(c)

Şekil4.23. TET fenolik içeriği için üç boyutlu yüzey grafikleri (a) AB parametrelerinin ikili etkisi, (b) AC parametrelerinin ikili etkisi, (c) BC parametrelerinin ikili etkisi.

4.4.2.3. TET diğer analiz sonuçları

Tarçın ekstraktı efervesan tabletlerin diğer analiz sonuçları (pH, kuru madde, şeker, toplam asitlik, viskozite ve yoğunluk) Çizelge 4.16’da yer verilmiştir. Bu analizlerde de, incelenen parametrelerin belirgin bir değişime neden olmadığı tespit edilmiştir. TET’in optimum koşullarda pH değeri 7,0 olarak ölçülmüştür. Kuru madde miktarı analizlerinde R^2 değerinin bire çok yakın olması (0,9932) ve karmaşa içermemesinden dolayı indirgenmiş kübik model seçilmiştir. Şeker miktarını en çok etkileyen parametrenin (%93 oranla), F değerinin en yüksek ve P değerinin 0,01’den küçük olmasından dolayı, B parametresi olduğuna karar verilmiştir. Toplam asitliği ise indirgenmiş kübik model ile optimum koşullarda 0,300 değerindedir. Tablet çözeltisinin viskozitesi ve yoğunluğu sırasıyla 0,001 cP ve 0,9960 g/cm³ olarak saptanmıştır.

Çizelge 4.16. TET için belirlenen diğer özellikler

pH					
		Parametreler			Öngörülen değer ve optimum koşullar
Model	R ²	F Değeri	P Değeri		
İndirgenmiş Kübik	0,9975	A=10,71 B=27,43 C=10,71	A=0,0820 B=0,0346 C=0,0820	Significant	7,000 A=1,000 B=0,821 C=-0,829
Kübik Kuadratik	0,9975 0,7222			Aliased Not Significant	
Kuru Madde					
		Parametreler			Öngörülen değer ve optimum koşullar
Model	R ²	F Değeri	P Değeri		
İndirgenmiş Kübik	0,9932	A=60,75 B=27,00 C=0,000	A=0,0161 B=0,0351 C=0,000	Significant	0,474 A=1,000 B=-0,740 C=0,957
Kübik Kuadratik	0,9932 0,8269			Aliased Not Significant	
Şeker					
		Parametreler			Öngörülen değer ve optimum koşullar
Model	R ²	F Değeri	P Değeri		
İndirgenmiş Kübik	0,9951	A=3,12 B=155,53 C=8,11	A=0,2192 B=0,0064 C=0,1044	Significant	770,359 A=1,000 B=-0,154 C=-0,199
Kübik Kuadratik	0,9951 0,7587			Aliased Not Significant	

Çizelge 4.16. devam

Toplam Asitlik					
		Parametreler			Öngörülen değer ve optimum koşullar
Model	R²	F Değeri	P Değeri		
İndirgenmiş Kübik	0,9948	A=157,69 B=0,19 C=9,19	A=0,0063 B=0,7072 C=0,0938	Significant	0,300 A=1,000 B=1,000 C=0,000
Kübik Kuadratik	0,9948 0,9585			Aliased Significant	
Viscosity					
		Parametreler			Öngörülen değer ve optimum koşullar
Model	R²	F Değeri	P Değeri		
İndirgenmiş Kübik	0,9998	A=4,00 B=342,25 C=999,25	A=0,1835 B=0,0029 C=0,0010	Significant	0,001 A=1,000 B=-0,474 C=-0,550
Kübik Kuadratik	0,9998 0,7283			Aliased Not Significant	
Yoğunluk					
		Parametreler			Öngörülen değer ve optimum koşullar
Model	R²	F Değeri	P Değeri		
İndirgenmiş Kübik	0,9993	A=12,25 B=441,00 C=25,0	A=0,0728 B=0,0025 C=0,0377	Significant	0,996 A=1,000 B=0,552 C=-0,621
Kübik Kuadratik	0,9993 0,6940			Aliased Not Significant	

4.4.3. NKET için gerçekleştirilen analiz sonuçları

4.4.3.1. NKET çözünme süresi

NKET çözünme süresine etki eden A, B ve C parametrelerinin tekli ve ikili etkileri Çizelge 4.17’de verilmiştir. R² değerinin 0.9994, Adj-R² 0.9956 ve standart sapmasının kabul edilebilir aralıkta olmasından dolayı önerilen indirgenmiş kübik model seçilmiştir. F değerleri incelendiğinde, çözünme süresine etki eden tekli parametreler sırasıyla A, B ve C’dir. A parametresi %71.96 oranla en etkili parametredir. P değerleri nedeniyle, (A(0.0010) ve B(0.0027)), A ve B parametrelerin çözünme süresi üzerinde gerçek bir etkiye sahip olduğu, C parametresinin ise olmadığı sonucuna varılmıştır. İkili etkiler incelendiğinde ise etkinlik sıralamasının AB, BC ve AC olduğuna karar verilmiştir.

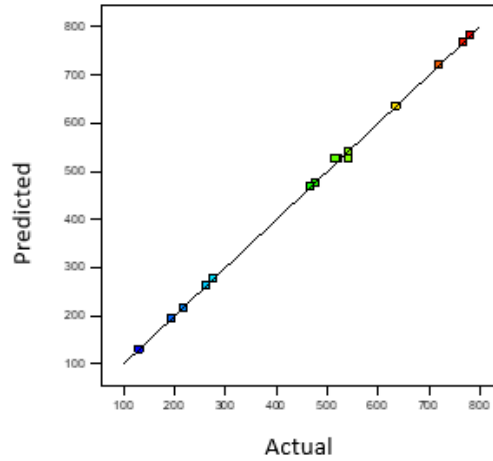
Çizelge 4.17. NKET'in çözünme süresi için ANOVA verileri

ANOVA for Response Surface Reduced Cubic model						
Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]						
	Sum of		Mean	F	p-value	
Source	Squares	df	Square	Value	Prob > F	
Model	6.269 x 10 ⁵	12	52245.31	266.56	0.0037	significant
A-A	1.923 x 10 ⁵	1	1.923 x 10 ⁵	981.03	0.0010	
B-B	72900.00	1	72900.00	371.94	0.0027	
C-C	2025.00	1	2025.00	10.33	0.0847	
AB	4692.25	1	4692.25	23.94	0.0393	
AC	380.25	1	380.25	1.94	0.2983	
BC	900.00	1	900.00	4.59	0.1654	
A ²	1.767 x 10 ⁵	1	1.767 x 10 ⁵	901.44	0.0011	
B ²	5331.69	1	5331.69	27.20	0.0349	
C ²	84746.77	1	84746.77	432.38	0.0023	
A ² B	81003.13	1	81003.13	413.28	0.0024	
A ² C	5995.13	1	5995.13	30.59	0.0312	
AB ²	25088.00	1	25088.00	128.00	0.0077	
Pure Error	392.00	2	196.00			
Cor Total	6.273 x 10 ⁵	14				

(Std. Dev.: 14.00; C.V. %:2.98; R-Squared: 0.9994; Adj R-Squared: 0.9956; Pred R-Squared:N/A)

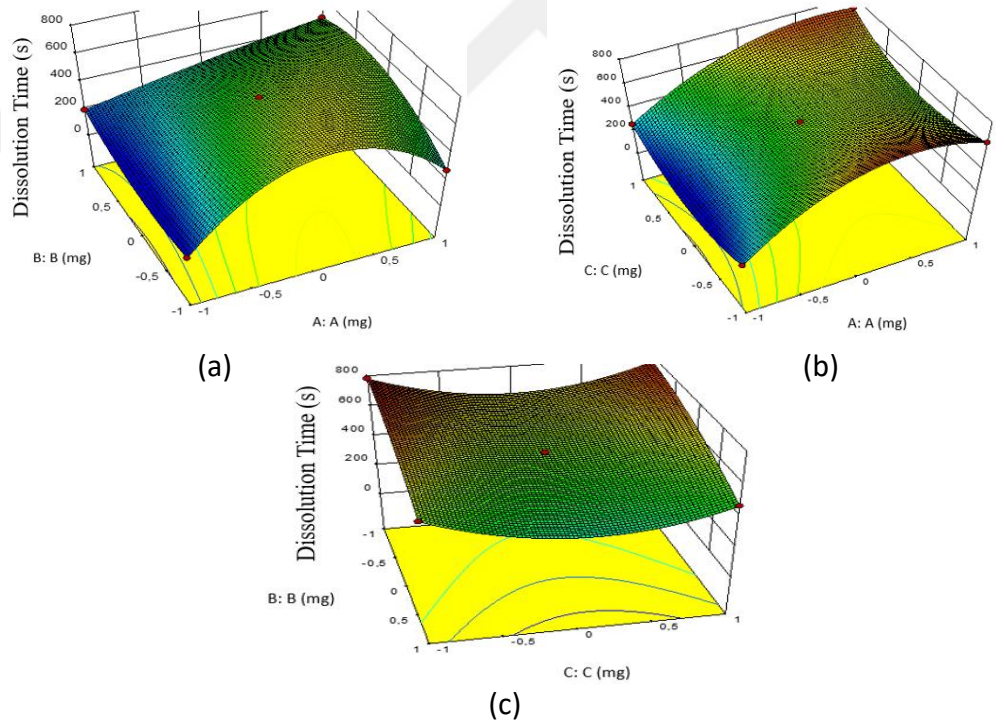
Şekil 4.24.'de modelin uygunluğu istatistiksel olarak ispatlanmıştır. Kodlanmış faktörler açısından son denklem 4.11'de yer almaktadır.

$$\begin{aligned}
 \text{Çözünme Hızı} = & +526.0 + 219.25A - 135.0B - 22.50C + 34.25AB \\
 & +9.75AC - 15.0BC - 218.75A^2 - 38.0B^2 + 151.50C^2 + 201.25A^2B \\
 & +54.75A^2C - 112.0AB^2
 \end{aligned}
 \tag{4.11}$$



Şekil 4.24. NKET çözünme süresi için tahmini ve deneysel değerlerin karşılaştırılması

Aşağıda verilen a,b ve c üç boyutlu yüzey grafiklerinde, NKET'in çözünme süresine etki eden A,B ve C parametrelerinin ikili etkileri görülmektedir. Şekil 4.25(a)'da A parametresinin -0.5 ile -1 arasında, B parametresinin ise 0 ile -1 arasında bir değer olması halinde, efervesan tabletin istenilen referans çözünme süresine ulaşılabilceğini göstermektedir. A parametresinin -1 değerinde, C parametresinin ise 0 ile -0.5 değer aralığında alınması istenilen referans çözünme süresini sağlamaktadır (Şekil 4.25(b)). Şekil 4.25.(c)'de ise B parametresinin -1 değerinde, C parametresinin +1 veya -1 değerinde olması 7.27 kat daha uzun sürede çözülmesine sebep olmaktadır. İstenilen referans çözülme süresi sağlanabilmesi için A(-0.973), B(-0.196) ve C(0.288) optimum koşulları sağlanması gerekmektedir. Efervesan tablet içerisinde fenolik miktarının maksimum olabilmesi için ise A(1.000), B(-1.000) ve C(-0.188) optimum koşullar gerçekleştirilmelidir. Bu koşullar altında tablet 270.64 s'de çözünmektedir.



Şekil 4.25. NKET çözünme süresi için üç boyutlu yüzey grafikleri (a) AB parametrelerinin ikili etkisi, (b) AC parametrelerinin ikili etkisi, (c) BC parametrelerinin ikili etkisi.

4.4.3.2. NKET fenolik miktarı

Çizelge 4.18’de özetlenen nar kaynaklı efervesan tabletin fenolik miktarına A, B ve C parametrelerinin tekli ve ikili etkileri için, R^2 değerlerinin 1.0 değerine çok yakın olması (R^2 (0.9982), Adj. R^2 (0.9875) ve Std. Dev. (15.07)), kabul edilebilir bir standart sapmaya sahip olması (C.V. (5.18)) nedeniyle indirgenmiş kübik modelle yüzeyin ifade edilebileceği sonucuna ulaşılmıştır. En yüksek F değerine sahip A parametresi % 68.24 oranla en etkili parametredir. Pdeğerinin 0.01’den küçük olması (0.0042), efervesan tablet içerisindeki fenolik miktarı üzerinde gerçek bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. %31.15 oranıyla en etkili ikinci parametrenin ise B parametresi olduğuna karar verilmiştir. C parametresinin ise tek başına bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır.

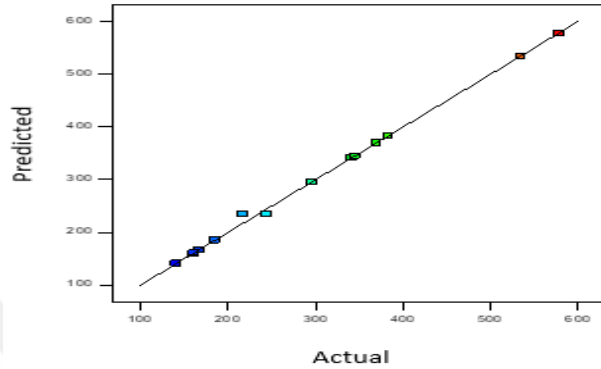
Çizelge 4.18. NKET fenolik miktarı için ANOVA verileri

ANOVA for Response Surface Reduced Cubic model						
Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]						
	Sum of		Mean	F	p-value	
Source	Squares	df	Square	Value	Prob > F	
Model	2.544 x 10 ⁵	12	21199.47	93.28	0.0107	significant
A-A	53393.58	1	53393.58	234.95	0.0042	
B-B	478.16	1	478.16	2.10	0.2840	
C-C	24378.37	1	24378.37	107.27	0.0092	
AB	3845.30	1	3845.30	16.92	0.0543	
AC	42545.79	1	42545.79	187.22	0.0053	
BC	758.76	1	758.76	3.34	0.2092	
A ²	35652.84	1	35652.84	156.88	0.0063	
B ²	20370.49	1	20370.49	89.64	0.0110	
C ²	16434.36	1	16434.36	72.32	0.0135	
A ² B	3302.11	1	3302.11	14.53	0.0624	
A ² C	466.60	1	466.60	2.05	0.2883	
AB ²	51358.86	1	51358.86	226.00	0.0044	
Pure Error	454.51	2	227.25			
Cor Total	2.548 x 10 ⁵	14				

(Std. Dev.: 15.07; C.V. %:5.18; R-Squared: 0.9982; Adj R-Squared: 0.9875; Pred R-Squared; N/A)

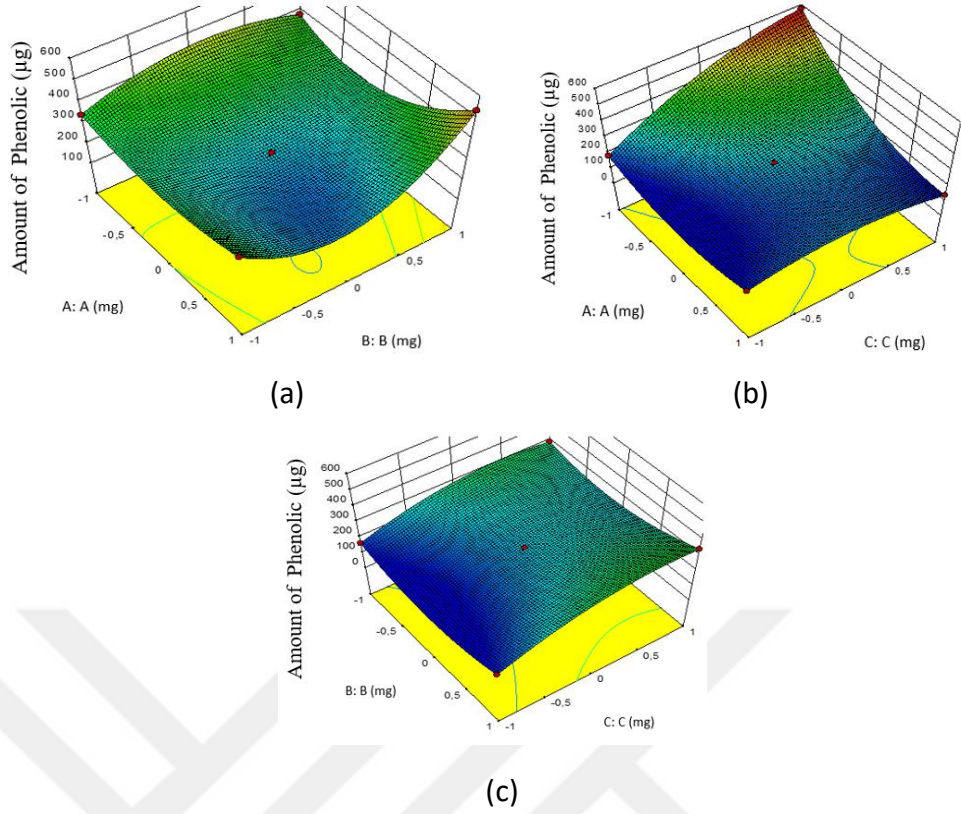
İstatistiksel olarak doğrulanan model (Şekil4.26) sonucunda elde edilen denklem 4.12’de verilmektedir.

$$\begin{aligned} \text{Fenolik miktarı} = & +234.77 - 115.54A + 10.93B + 78.07C + 31.01AB \\ & -103.13AC + 13.77BC + 98.26A^2 + 74.28B^2 - 66.72C^2 + 40.63A^2B \\ & +15.27A^2C + 160.25AB^2 \end{aligned} \quad (4.12)$$



Şekil 4.26. NKET fenolik miktarı için tahmini ve deneysel değerlerin karşılaştırılması

A ve B parametrelerinin +1 değerinde alındığı koşullarda, tablet içerisindeki fenolik miktarının maksimum yaklaşık 500 µg olacağı Şekil 4.27(a)’da yer almaktadır. A parametresinin -1 ve B parametresinin ise 0 değerinde alınması fenolik miktarını 1.25 kat azaltmasına neden olmaktadır. Şekil 4.27.(b)’de A parametresinin -1 ve C parametresinin +1 değerinde alınmasının AC ikili etkisi sebebiyle maksimum 600 µg fenolik içeriğe sahip olmasına yol açığı görülmektedir. BC parametrelerinin ikili etkisi AB ikili etkisine göre %50 daha azdır (Şekil 4.27.(c)). Bütün etkileşimler dikkate alındığında, maksimum fenolik miktarının (580.660 µg) elde edilebilmesi için, A, B ve C parametrelerin sırasıyla -0.998, +0.206 ve +0.994 değerlerinde alınması gerekmektedir.



Şekil 4.27. NKET fenolik içeriği için üç boyutlu yüzey grafikleri (a) AB parametrelerinin ikili etkisi, (b) AC parametrelerinin ikili etkisi, (c) BC parametrelerinin ikili etkisi.

4.4.3.3. NKET diğer analiz sonuçları

Nar kabuğu ekstraktı efervesan tabletlerin belirlene diğer özellikleri ise Çizelge 4.19’da verilmiştir. Bu analizlerde de, parametrelerin ZET ve TET’de olduğu gibi NKET için de belirgin bir değişime neden olmadığı tespit edilmiştir. NKET’in optimum koşulları sağlandığında pH değerinin 7,001, viskozitesinin 0,001 cP, toplam asitliğinin 1,004 ve yoğunluğunun 0,9900 g/cm³ değerinde olduğu ölçülmüştür. Kuru madde miktarı ve toplam asitliğin belirlenmesinde indirgenmiş kübik model seçilmiştir. Şeker miktarını en çok etkileyen, F (%77 oranla) değerinin en yüksek ve P değerinin 0,01’den küçük olmasından dolayı, B parametresi olduğuna karar verilmiştir.

Çizelge4.19. NKET çözeltisinin belirlenen özellikleri

pH					
		Parametreler			Öngörülen Değer ve Optimum Koşullar
Model	R ²	F Değeri	P Değeri		
İndirgenm iş Kübik	0,9981	A=240,25 B=9,00 C=100,00	A=0,0041 B=0,0955 C=0,0099	Significant	7,001 A=1,000 B=0,898 C=-0,845
Kübik Kuadratik	0,9981 0,8976			Aliased Significant	
Kuru Madde					
		Parametreler			Öngörülen Değer ve Optimum Koşullar
Model	R ²	F Değeri	P Değeri		
İndirgenm iş Kübik	0,9949	A=126,75 B=3,00 C=12,00	A=0,0078 B=0,2254 C=0,0742	Significant	0,507 A=1,000 B=0,685 C=-0,879
Kübik Kuadratik	0,9949 0,5603			Aliased Not Significant	
Şeker					
		Parametreler			Öngörülen Değer ve Optimum Koşullar
Model	R ²	F Değeri	P Değeri		
İndirgenm iş Kübik	0,9955	A=8.095 x 10 ⁻⁵ B=192,25 C=56,35	A=0,9365 B=0,0052 C=0,0173	Significant	200.779 A=1.000 B=-0.122 C=0.847
Kübik Kuadratik	0,9955 0,7004			Aliased Not Significant	
Toplam Asitlik					
		Parametreler			Öngörülen Değer ve Optimum Koşullar
Model	R ²	F Değeri	P Değeri		
İndirgenm iş Kübik	0,9976	A=379,31 B=11,81 C=0,67	A=0,0026 B=0,0752 C=0,4992	Significant	1,004 A=1,000 B=-0,491 C=-0,794
Kübik Kuadratik	0,9976 0,9840			Aliased Significant	
Viscosity					
		Parametreler			Öngörülen Değer ve Optimum Koşullar
Model	R ²	F Değeri	P Değeri		
İndirgenm iş Kübik	0.9991	A=1008,00 B=112,00 C=20,57	A=0,0010 B=0,0088 C=0,0453	Significant	0,001 A=1,000 B=0,000 C=-1,000
Kübik Kuadratik	0.9991 0.7790			Aliased Not-Significant	
Density					
		Parametreler			Öngörülen Değer ve Optimum Koşullar
Model	R ²	F Değeri	P Değeri		
İndirgenm iş Kübik	0.9980	A=24,67 B=12,79 C=83,53	A=0,0382 B=0,0701 C=0,0118	Significant	0,990 A=1,000 B=0,768 C=-0,458
Kübik Kuadratik	0.9980 0.5724			Aliased Not-Significant	

4.4.4. Optimum koşullarda efervesan tabletlerin oluşturulması

ZET, TET ve NKET için uygulanan fiziksel ve kimyasal analizler sonucunda, bileşenlerinin efervesan tabletlerin çözünme süresi ve fenolik miktarı üzerinde belirgin bir etkisinin olduğu anlaşılmıştır. Supradyn ve Liftoff referans alınarak efervesan tabletlerin çözünme süresi 110 s olarak belirlenmiştir. Optimizasyon kriterleri olarak, çözünme süresi için hedef = 110 s (“target”), fenolik miktarı için maksimum (“maximize”) seçilmiş ve istenilirlik için bir değeri (“desirability” = 1) olan çözümler seçilmiştir. Bu kriterler doğrultusunda; ZET için A:+0,942, B:+0,508, C:+0,817; TET için A:+0,998, B:+0,624, C:+0,990 ve NKET için A:-0,998, B:+0,494, C:+0,116 optimum noktaları tespit edilmiştir. Köpük önleyicinin sıvı fazda olmasından dolayı eklendiği toz karışımının içerisindeki bileşenleri aktiveleştirmemesi için 0,1 ml kullanılmıştır. Topaklanma önleyicisinin miktarı ise üç farklı efervesan tipi için 0,01; 0,03; 0,05 g’larda ayrı ayrı hazırlanmış ve daha sonra 250 ml su içerisinde çözdürülmüştür. Tüm efervesan tablet numuneleri tamamen eridikten sonra minimum topaklanma oluşturmak adına ZET için 0,03 g; TET için 0,01 g ve NKET için ise 0,05 g olarak kullanılmasına karar verilmiştir. Tez kapsamında oluşturulan efervesan tabletlerin tadının ve kokusunun zenginleştirilmesi için, ZET’te Zerdeçal tadının tüketiciler tarafından tercih edilebilirliği düşük olacağı düşünülmüş ve portakal aroması tercih edilmiştir, TET’e tarçın ve NKET’e ise nar aromaları ilave edilmiştir. Gıda boyaların renkleri kullanılan bitkisel materyallerin rengine göre tercih edilmiştir (Çizelge 4.20). Belirlenen bileşenlerle preslenerek elde edilen tablet numuneleri suda çözdürülmüştür (Şekil 4.28).

Çizelge 4.20. Optimum koşullarda üretilen efervesan tablet numunelerinin bileşenleri

Bileşenler	ZET		TET		NKET	
Limon tuzu (mg)	482,75		489,75		480,50	
Sodyum bikarbonat (mg)	1087,17		1102,94		1082,12	
Fenolik-Sodyum Kazeinat(mg)	925,79		939,22		921,56	
D-glikoz (mg)	476,2		493,6		942,2	
PVP (mg)	240,85		249,5		411,6	
Köpük Önleyici (ml)	0,1		0,1		0,1	
Topaklanma Önleyici (mg)	0,03		0,01		0,05	
Aroma (µl)	Portakal	100	Tarçın	100	Nar	100
Gıda boyası (mg)	Sarı	0,05	Turuncu	0,05	Kırmızı	0,05



Şekil 4.28. Optimum koşullarda üretilen efervesan tablet numunelerinin preslenmiş ve çözdürülmüş hallerinin görselleri

4.4.4.1. Duyusal analiz

Tez kapsamında oluşturulan efervesan tablet numuneleri 250 ml su içerisinde çözdürüldükten sonra gönüllü 10 katılımcıya (örnek: K₁, K₂ vb.) renk, koku ve tat sıralaması yapmaları istenmiştir. Katılımcılara numuneleri denediklerinde, tatların birbirine karışmaması için her tadım arasında su içirilmiştir. Çizelge 4.21’de yer alan 3, 2 ve 1 olarak belirlenmiş puanlar sırasıyla ilk tercih ettiklerinden son tercih ettikleri numuneleri temsil etmektedir. Panelistler tarafından sıralama ve lezzet profil analizisi testi kullanılarak gerçekleştirilen duyusal analizin sonuçları istatistiksel olarak Kramer and Twigg (1984) kriterlerine göre hesaplanmıştır. Kramer ve Twigg yazmış olduğu Gıda Bilimi ve Teknolojisindeki Eğilimler “Trends in Food Science & Technology” kitapta yer alan çizelgeden (Kramer ve Twigg, 1984) 3 işlem 10 tekrara karşı gelen üst değerler 15-25, alt değerler ise 16-24 olarak belirlenmiştir. Keşişim aralığı 16-25 olduğu için buna göre lezzet sıralaması belirlenmiştir.

Tercih sıralamasının, renk bakımından NKET (Kırmızı) > TET (Turuncu) > ZET (Sarı); koku bakımından ise NKET (Nar) > ZET (Portakal) > TET (Tarçın) ve tat bakımından ise NKET > ZET > TET şeklinde olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.21).

Çizelge 4.21. Optimum koşullarda üretilen efervesan tablet çözeltilerinin panelist değerlendirme sonuçları

		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈	K ₉	K ₁₀	Toplam
Renk	ZET	1	3	1	1	1	2	1	3	1	1	16
	TET	2	1	3	2	3	1	3	1	2	3	20
	NKET	3	2	2	3	2	3	2	2	3	2	24
Koku	ZET	2	2	3	2	3	3	1	1	1	3	21
	TET	1	1	2	1	2	1	3	2	2	1	16
	NKET	3	3	1	3	1	2	2	3	3	2	23
Tat	ZET	2	3	2	1	3	3	1	2	3	1	21
	TET	1	1	3	2	1	1	3	1	1	2	16
	NKET	3	2	1	3	2	2	2	3	2	3	23

4.4.4.2. HPLC analiz sonuçları

Optimum koşullardan üretilen ZET, TET ve NKET içeriğindeki şeker (Sükroz, Glikoz ve Fruktoz) miktarı Süleyman Demirel Üniversitesi YETEM tarafından SHIMADZU HPLC ile incelenmiştir. HPLC sonuçlarına ait grafikler Ek-D’de yer almaktadır. Sükroza ait 7,5-10 dakika arasındaki pik değeri sükrozu, 10-11 dakika arası glikoz ve 12,5-13,5 dakika arası ise früktozu temsil etmektedir. Efervesan tablet numunelerindeki toplam şeker miktarı (ppm) NKET > TAT > ZET şeklinde sıralanmaktadır. NKET üretiminde kullanılan nar meyvesi kabuğunun ekstraktı olmasından dolayı en yüksek früktoz miktarına sahip olması, ZET üretiminde ise zerdeçal baharatından elde edilen ekstraktın kullanılması nedeni ile hiç früktoz bulunmaması beklenen sonucu desteklemektedir (Çizelge 4.22).

Çizelge 4.22. Şeker analizinin sonuçları

Numune	Sükroz	Glikoz	Früktoz
NKET	1370,0	3476,9	30,5
TAT	1263,6	1734,1	15,8
ZET	947,6	34,0	*

Tez kapsamında optimum koşullarda üretilen efervesan tablet (ZET, TET ve NKET) numunelerinin fenolik bileşenlerinin (Gallik asit, Kateşin, Sinnamik asit ve Kuersetin) analizlerinin HPLC sonuçları Çizelge 4.22’de verilmiştir. Efervesan tablet

numunelerinin fenolik madde analiz sonuçlarının grafikleri Ek-D’de yer almaktadır. HPLC sonuçlarına ait ZET numunesi içerisinde incelenmesi belirtilen fenolik bileşenlere rastlanmadığı; NKET numunesinde gallik asit saptandığı (0,3 ppm) fakat kateşin, sinnamik asit ve kuersetine rastlanmadığı; TET numunesinde ise sinnamik asitin ve kuersetinin sırasıyla 1,9 ve 1,7 ppm seviyesinde bulunduğu, fakat gallik asit ve kateşin içermediği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.23. Fenolik bileşen sonuçları

Numune	Gallik Asit	Kateşin	Sinnamik Asit	Kuersetin
ZET	*	*	*	*
NKET	0,3	*	*	*
TET	*	*	1,9	1,7

4.4.4.3 Uçucu aroma profili sonuçları

Hedeflenen çözünme süresi ve maksimum fenolik miktarı ile üretilen efervesan tablet (ZET, TET ve NKET) numunelerinin SPME ile uçucu aroma analizi de SDÜ YETEM tarafından gerçekleştirilmiş ve analiz sonuçlarına ait çizelgeler ve grafiklere Ek-D’ de yer verilmiştir. ZET numunesi içerisinde en yüksek oranla limonen (%51,86) ve linalool (%21,52) uçucu aromalarına rastlanmıştır. TET numunesi içerisinde %94,78 oranla en baskın uçucu aromanın sinnamaldehit olduğu saptanmıştır. NKET numunesi için en yüksek iki uçucu aroma profilinin ise limonen (%33,33) ve sinnamaldehit (%34,50) olduğu belirlenmiştir.

4.4.4.4. Element analizi sonuçları

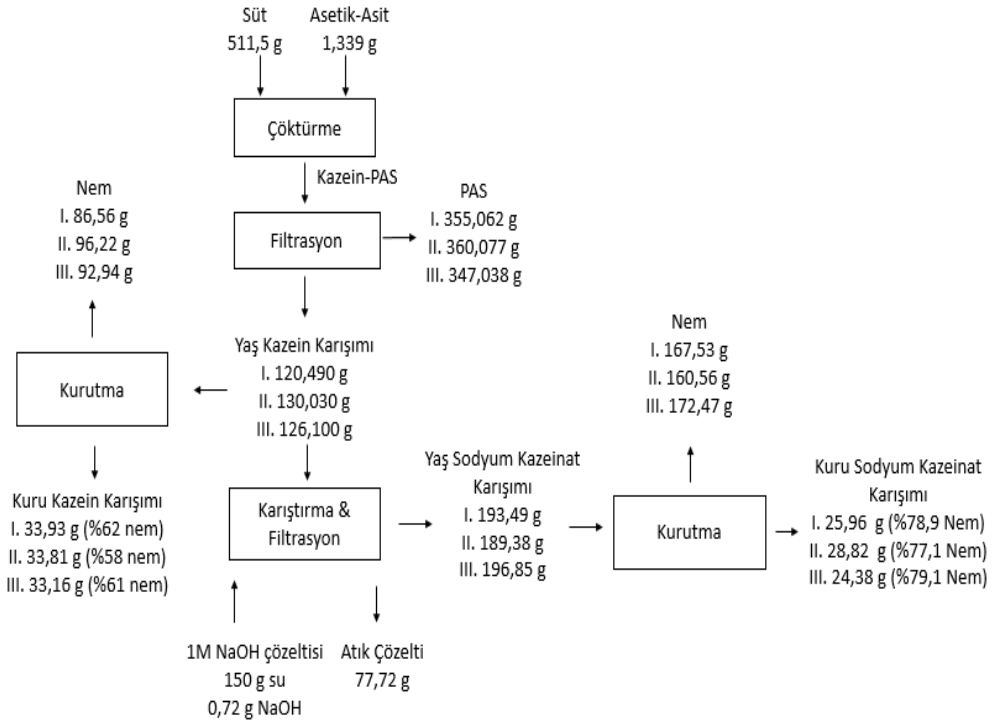
Son ürün olarak gerçekleştirilmiş efervesan (ZET, TET ve NKET) tabletler, ICP OES ölçümleri EPA 6010 metoduna uygun olarak Perkin Elmer OPTIMA 5300 DV cihazı kullanılarak Ek-D’de yer alan şartlara göre yapılmıştır. Cu, Fe, Mg, Na,P ve Zn elementlerinin analizi gerçekleştirilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.23’de yer almaktadır.

Çizelge 4.24. Element analizinin sonuçları

Numune Adı	Element Derişimi (mg/L) / Çalışma Dalga Boyu(nm)					
	Cu 327.393	Fe 238.204	Mg 285.213	Na 589.592	P 213.617	Zn 206.200
NKET	0.176 ± 0.0278	< 0,008	39.12 ± 4.526	1116 ± 13.5	22.91 ± 0.267	<0,005
ZET	0.039 ± 0.0049	< 0,008	40.01 ± 0.880	1333 ± 14.8	29.75 ± 1.009	<0,005
TET	0.048 ± 0.0072	< 0,008	22.78 ± 1.277	1029 ± 12.5	19.12 ± 4.136	<0,005

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Tez kapsamında üretilen efervesan tabletlerin ana bileşenlerinden bir tanesini kuru sodyum kazeinat karışımı oluşturmaktadır. 511,5 g süttten elde edilen ortalama 33,63 g kazein içerisine 1M NaOH çözeltisi eklenerek ortalama 26,39 g sodyum kazeinat karışımı üretilmiştir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. Kazein ve sodyum kazeinat üretiminin akım şeması

Bu çalışmada ilk olarak, sodyum kazeinatın üretimi gerçekleştirilmiş ve kurutma koşullarını en iyi temsil eden ince tabaka kurutma modeli belirlenmiştir. Farklı sıcaklık ve seviyeler kullanılarak gerçekleştirilen kurutma işlemi verileri için üç farklı model karşılaştırılmıştır. Kurutma işlemini en iyi ifade eden denklemin belirlenmesinde modelin en yüksek R^2 ve en düşük RSS, ve χ^2 değerlerine sahip olması kriterleri kullanılmıştır (Çizelge 5.1). 50°C sıcaklık için 1. Seviye’de uygulanan page kurutma modeli; 40°C sıcaklık için 1. Seviye Newton kurutma modeli ve 30°C sıcaklık için ise 3.seviye Page kurutma modelinin daha uygun olduğu belirlenmiştir. En düşük

sıcaklıkta çalışıldığında, sodyum kazeinat karışımı içerisindeki nemin uzaklaştırılması güç olduğundan dolayı, her üç model için de en yüksek fan gücü seviyesi gerektiği tespit edilmiştir. Endüstriyel üretim için hem en düşük nem içeriği hem de en kısa sürede istenilen özelliğe sahip ürün oluşturulabilmesi önemli bir etken olduğundan dolayı, eşit kurutma sürelerinde (244 dakika) minimum nem oranı içeriğine sahip ürün elde edilmesini sağlayan koşullar karşılaştırılmıştır. Her üç kurutma modeli için de bu koşulların aynı (50°C, 2.seviye) olduğu belirlenmiştir. Bu koşullarda nem oranları Page kurutma modeline göre 0,0668, Henderson-Pabis modeline göre 0,0802 ve Newton model denkleminde göre 0,13523 olarak hesaplanmıştır. Hem endüstriyel amacın gerekliliklerini sağlaması hem de modelin uygunluğu açısından 50°C sıcaklık ve 2.seviye kurutma koşulu için en uygun model denkleminin Page modeli olduğu belirlenmiş ve denklem sabitleri $k=0,000979$ ve $n=1,4416$ olduğu tespit edilmiştir. Tezin diğer aşamalarındaki deneysel çalışmalarda bu koşullarda üretilen sodyum kazeinat karışımı kullanılmıştır.

Çizelge 5.1. Kurutma işleminde kullanılan modellerin istatistiksel değerlerinin karşılaştırılması

Model	Sıcaklık	Seviye	RSS	χ^2	R ²
Henderson-Pabis	50 °C	1.Seviye	0,00508	0,000726	0,9986
Page		1.Seviye	1,000396	0,142914	0,9994
Newton		3. Seviye	0,005443	0,00068	0,9914
Henderson-Pabis	40 °C	2.seviye	0,001602	0,000229	0,9969
Page		2.seviye	1,000074	0,142868	0,9998
Newton		1.seviye	0,001482	0,000185	0,9989
Henderson-Pabis	30 °C	3.seviye	0,00052	0,00007426	0,9990
Page		3.seviye	0,000122	0,0000174	0,9987
Newton		3.seviye	0,000464	0,0000580	0,9989

Tez çalışmasının devamında ise bireylerin bağışıklık mekanizmasını destekleyen farklı antioksidan karışımları ile biyoaktif peptit kaynağı olan sodyum-kazeinat bileşenlerini içeren efervesan tablet prototiplerinin üretim prosesi optimize edilmiş ve bu prototiplerin kombinasyonlarının bazı özellikleri incelenmiştir. Box-Behnken deney dizaynı ile gerçekleştirilen deneyler sonucunda ZET, TET ve NKET olarak adlandırılan üç farklı prototip elde edilmiştir. A (Limon tuzu, karbonat ve fenolik-sodyumkazeinat), B (D-glikoz) ve C (Jelatin) parametrelerinin bu prototiplerin çözünme süresi ve fenolik bileşen miktarları üzerinde belirgin bir etkiye sahip olduğu; ancak pH, viskozite,

yoğunluk ve kuru madde, şeker, toplam asit miktarı üzerinde kayda değer bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. C parametresinin çözünme süresine etkisi TET için en etiliyken, ZET ve NKET için en etkili parametrenin A olduğu saptanmıştır. Deney aşamasında tarçın ekstraktı sodyum-kazeinat ile birleştirildiğinde, diğer tabletlerin yapım aşamasına göre daha yapışkan bir tablet yapısına sahip olduğu gözlemlendiğinden tarçın ekstraktı içerisindeki bir bileşenin C parametresiyle aynı özellikte işlev görmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Maksimum fenolik miktarı içeren PSET'in, referans efervesan tabletlere göre 2,5 kat daha uzun sürede çözüleceği tespit edilmiştir. Çalışmanın amacı doğrultusunda, bireye günlük alması gereken fenolik miktarını maksimum oranda sağlayabilmek için, çözünme süresinin referans efervesan tabletlere göre daha uzun sürede çözünmesinin kullanımını veya tercih edilmesini kısıtlayıcı bir etken olmadığı öngörülmektedir. Belirlenen optimum koşullar ile üretilen efervesan tabletlerde; suda çözünmeyen ve sıvı içerisinde istenmeyen bir görüntüye sebep olan jelatin yerine PVP'nin kullanılması, suda çözündüğünde oluşan tanecikli yapının azalmasına ve bulanıklığın oluşmamasına yardımcı olmuştur. PVP'nin bir diğer katkısı ise efervesan tabletlerin preslenmesi sırasında, jelatin ile oluşturulanlara göre daha az pürüzsüz ve dağılmayan formda tablet üretilmesidir. Efervesan tabletlere köpük önleyicinin eklenmesiyle de çözündürme esnasında oluşan ve beherden taşarak etrafa bulaşan köpüğün engellenmesi sağlanmıştır. Topaklanma önleyicisinin eklenmesiyle ise çözündürülmüş efervesan tabletlerin daha homojen bir görünüm sağladığı tespit edilmiştir. Bireyler tarafından efervesan tabletlerin tercih edilebilirliğinin artırılabilmesi için içerisine eklenen gıda boyaları (kırmızı turuncu ve sarı) ve aromalar (portakal, tarçın ve nar) sayesinde de efervesan tabletlerin daha iyi görünümlere ve tatlara sahip olduğu kanısına varılmıştır. Renk, koku ve tat açısından en çok tercih edilenin NKET olduğu, ikinci tercih edilenin ise renk için TET; koku için ZET ve tat için de ZET olduğuna karar verilmiştir (Çizelge 5.2).

Çizelge5.2. Efervesan tabletlerin duyuşal analiz sıralamaları

Duyuşal analiz adı	Renk			Koku			Tat		
Efervesan Tablet	ZET	TET	NKET	ZET	TET	NKET	ZET	TET	NKET
Sıralama	3.	2.	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.

En çok tercih edilen NKET'in HPLC analiz sonuçları doğrultusunda; en fazla şeker içeriğine sahip olduğu ve içerisinde fenolik madde içeriği için eklenmiş olan nar kabuğu ekstratı bulunmasından dolayı da meyve şekeri olarak bilinen früktoza rastlandığı belirlenmiştir. Fenolik madde içeriğinde ise sadece gallik asite rastlandığı saptanmıştır. Tat ve koku bakımından en çok tercih edilen ikinci efervesan (ZET) tablette ise; gallik asit, kateşin, sinnamik asit ve kuersetin maddelerinden hiçbir ölçülebilir düzeyde değilken, Folin-Ciocalteu yöntemi ile yapılmış olan analiz bulgularının daha yüksek olmasının, HPLC analizlerinde incelenmeyen başka fenolik madde bileşenlerine sahip olmasından kaynaklandığı kanısına varılmıştır. Koku ve tat tercihlerinde son sırada yer alan TET'in ana fenolik bileşenlerinin sinnamik asit ve kuersetin olduğu ve diğer efervesan (ZET ve NKET) tabletlere göre daha zengin antioksidan içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç doğrultusunda bireyin daha fazla antioksidan miktarı alması sağlamak amacıyla, TET'in içerisinde daha farklı bir aroma kullanılarak koku ve tat için tercih edilebilirliğinin artırılabilceği çıkarımı yapılmıştır. SPME ile uçucu aroma analizlerinde; ZET bileşenleri içerisinde en yüksek oranın (%51,86) limonen; TET bileşenlerinde %94,78 oranıyla sinnamaldehit kaynaklı olduğu belirlenmiş; bu efervesan tabletlerde eklenen aromaların miktarlarının amacına uygun tercih edildiği saptanmıştır. NKET içeriğinde ise bu iki aroma bileşenlerinin sırasıyla %33,33 ve %34,50 oranlarına sahip olduğu saptanmıştır. Element analizi sonuçlarına göre NKET'in bir litresindeki Cu (bakır)'nın diğer efervesan (ZET ve TET) tabletlere göre %75,28 daha fazla olduğu; Fe (demir) içeriğinin üç efervesan tablet içinde 0,008 mg'dan az olduğu bundan dolayıda içerisine demir mineralinin ilave edilebileceğini; Mg (Magnezyum) mineralinin en yüksek NKET ve ZET'te yüksek olduğu, fakat üç efervesan tablet içinde alınması gereken ortalama (280-350mg) miktarının üzerinde olmadığı; Na (Sodyum) mineralinin tez kapsamında üretilen efervesan tabletlerin içerisinde, sodyum-kazeinat bileşeninin bulunmasından dolayı amacına uygun gerçekteştiği; P (Fosfor)'un üç efervesan tablet içinde bir birine

çok yakın olduğu, günlük alınması gereken ortalama (700mg/gün) miktarının üzerinde olmadığı, dolayısıyla fosfor içeriğinin zenginleştirilebileceğı; Zn (Çinko) içeriğinin ise her üç efervesan tabletin bir litresinde 0,005 mg'dan az olduğu belirlenmiştir. Efervesan (ZET, TET ve NKET) tabletlere eksik olduğu düşünölen ve/veya spesifik o elemente ait mineralin özelliğini karşılayacak efervesan tablet üretimi istendiğı taktirde, o minerali karşılayacak etken madde ve/veya saf hali günlük alınması gereken üst limiti geçmeyecek fakat alt limitide karşılayacak miktarda ilave yapılabilir. Dolaylı olarak amacına uygun farklı efervesan tabletler üretilebilir ve ürün yelpazesi genişletilebilir.

Yapılan bu çalışmayla, fonksiyonel gıda ve ek gıda takviyesi alanında bireyin bağışıklık sistemi üzerinde olumlu etkisi olacağı öngörölen, efervesan tablet formunda yeni bir ürün geliştirilebileceğı ispatlanmıştır.

KAYNAKLAR

- Aksu K.,Ş., 2012. Türkiye'de Piyasalarda Bulunan Bazı Curcuma Longa L. Rizom ve Preparatları Üzerinde Farmakognozik Araştırmalar. Doktora tezi, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Anand, P., Thomas, S.G., Kunnumakkara, A.B., Sundaram, C., Harikumar, K. B., Sung, B., Tharakan, S.T., Misra, K., Priyadarsini, I.K., Rajasekharan, K.N., Aggarwal, B.B., 2008. Biological activities of curcumin and its analogues (Congeners) made by man and mother nature. Biochemical Pharmacology, 76, 1590-1611.
- Anonim, 2011. Engineeringtoolbox, Erişim Tarihi: 16.09.2021. https://www.Engineeringtoolbox.Com/Water-Density-Specific-Weight-D_595.Html
- Anonim, 2021. Gıda Takviyesi ve Beslenme Derneği (GTBD), Erişim Tarihi: 28.09.2021. <https://gtbd.org.tr/>
- Anonim, 2021. Herbalife Nutrition Türkiye, Erişim Tarihi: 20.09.2021., <https://www.herbalife.com.tr/>
- Anonim, 2021. Supradyn Türkiye Ürünler (BAYER), Erişim Tarihi: 20.09.2021., <https://www.supradyn.com.tr/urunler>
- AOAC 930.15, 1999. Loss On Drying (Moisture) For Feeds, Aoac Official Method, Gaithersburg.
- Arslaner, A., Salık, M.A., 2019. Sütün Fonksiyonel Nitelikli Biyoaktif Bileşenleri. Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 12(1), 124-135.
- ASTM D445, 2021. Standard Test Method For Kinematic Viscosity Of Transparent And Opaque Liquids (And Calculation Of Dynamic Viscosity), ASTM International, West Conshohocken.
- ASTM D446-12, 2017. Standard Specifications And Operating Instructions For Glass Capillary Kinematic Viscometers, ASTM International, West Conshohocken.
- Atalay, D., Erge, H.S., 2018. Gıda Takviyeleri Ve Sağlık Üzerine Etkileri. Food and Health, 4(2), 98-111.
- Babalıs, S.J., Belessiotis, V.G., 2004. Influence of the drying conditions on the drying constants and moisture diffusivity during the thin-layer drying of figs. Journal of Food Engineering, 65, 449-458.

- Bengston G., Rahman, M.S., Stanley, R., Perera, C.O., 1998. Effect Specific Pretreatment on the Drying Behaviour of Apple Rings. New Zeland Inst Food Sci and New Zeland Conference, Nelson, 10 s.
- Bodhmag, A., 2006. Correlation Between Physical Properties And Flowability Indicators For Fine Powders. A Master Thesis, College Of Graduate Studies And Research, Department Of Chemical Engineering, University Of Saskatchewan Saskatoon, 122p, Saskatchewan.
- Bolzan, D.A Ve Bianchi, N.O. 1997. Superoxide Dismutase, Catalase And Glutathione Peroxidase Activities İn Human Blood: İnfluence Of Sex, Age And Cigarette Smoking. Clin. Biochem., 30(6), 449-454.
- Burnaz, N.A., Ertop, M.H., Karataş, Ş.M., 2018. Tıbbi Ve Aromatik Bitkilerin Kullanımı İle Ekmegin Fenolik Madde İçeriğinin Zenginleştirilmesi. Gıda, 43(2), 240-249.
- Burt, S., 2004. Essential Oils: Their Antibacterial Properties And Potential Application İn Foods: A Review. International Journal Of Food Microbiology. 94: 223-253.
- Canberk, A. Y., Şanlı, T., 2018. Süt Ürünlerinde Biyoaktif Peptitlerin Oluşumu Ve Fonksiyonel Özellikleri. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 15(1), 115-120.
- Cemeroğlu B., Özkan M., 2004. Kurutma teknolojisi, Meyve Sebze işleme Teknolojisi, 2. Cilt, Cemeroğlu B (bafl editör), Bizim Büro Yayınevi, Ankara, Türkiye, s. 479-613.
- Cerhan, J.R., Saag, K.G., Merlino; L.A., Mikuls, T.R., Criswell, L.A., 2003. Antioxidant Micronutrients And Risk Of Rheumatoid Arthritis İn A Cohort Of Older Women. Am. J. Epidemiol., 157, 345- 354.
- Cesur, Ö., 2013. Kurutma Metodları ve Şartlarının Nar Tanesinin Kurutma Kinetiği ve Kalitesi Üzerine Etkisi. Master Thesis, Harran University, Şanlıurfa.
- Clare, D.A., Swaisgood, H.E., 2000. Bioactive Milk Peptides. A Prospectus. Journal of Dairy Science, 83: 1187-1195.
- Coppens, P., Delmulle, L., Gulati, O., Richardson, D., Ruthsatz, M., Sievers, H., Sidani, S., 2006. Use of botanicals in food supplements. Annals of Nutrition and Metabolism. 50, 538-554.
- Corbo, M.R., Bevilacqua, A., Campaniello, D., D' Amato, D., Speranza, B., Sinigaglia, M., 2009. Prolonging Microbial Shelf Life Of Foods Through the use of natural Compounds and non-thermal approaches- a review. International Journal of Food Science and Technology. 44:223-241.

- Çakır, İ., Çakmakçı, M.L., 2004. Probiotikler: Tanımı, Etki Mekanizması, Seçimi ve Güvenilirlik Kriterleri. *Gıda*, 29(6), 427-434.
- Çoban, Ö., Patır, B., 2010. Antioksidan etkili bazı bitki ve baharatların gıdalarda kullanımı. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5 (2), 7-19.
- De Gobba, C., Espejo-Carpio, F.J., Skibsted, L.H., Otte, J., 2014. Antioxidant peptides from goat milk protein fractions hydrolysed by two commercial proteases. *International Dairy Journal* 39:28-40.
- de Kok, T.M.C.M., de Waard, P., Wilms, L.C., van Breda, S.G.J., 2010. Antioxidative and antigenotoxic properties of vegetables and dietary phytochemicals. the value of genomics biomarkers in molecular epidemiology, *Theor. Mol. Nutr. Food Res.*, 54, 208- 221.
- Demir, T., AKPINAR, Ö., Haki, K. A. R. A., Güngör, H., 2019. Nar (*Punica granatum* L.) kabuğunun in vitro antidiyabetik, antienflamatuar, sitotoksik, antioksidan ve antimikrobiyal aktivitesi. *Akademik Gıda*, 17(1), 61-71.
- Demirel, D., Yigitarslan, S., 2016. The Multiple-Parameter Approach For Determination Of Total Flavonoid İn Turmeric (*Curcuma longa* L.), Symposium On Euroasian Biodiversity, 23-27 May Antalya, Turkey, Abstract Book, 176.
- Doymaz, İ., 2007. The kinetics of forced convective air-drying of pumpkin slices. *J Food Eng*, 79, 243-248.
- Doymaz, İ., 2011. Drying of Eggplant Slices in Thin Layers at Different Air Temperatures. *J Food Process Preservation*, 35, 280-289.
- Ergin, S.Ö., 2019. Nar meyvesi (*Punica granatum* L.) ile farklı nar ürünlerinin antioksidan özellikleri. *Akademik Gıda*, 17(2), 243-251.
- Erkaç, G., Yiğitarıslan, S., 2018. Application of Gallic Acid Produced from Horse Chestnut (*Aesculus hippocastanum*) Shell in Table Olive Maturation. *Eurasian Journal of Food Science and Technology*, 2(1), 44-52.
- Ersöz, T., 2012. Bitkisel ilaçlar ve gıda takviyeleri ile ilgili genel yaklaşım ve sorunlar. *Meslek İçi Sürekli Eğitim Dergisi Türk Eczacıları Birliği Yayını*, 27-28, 11-21.
- Esposito, E., Rotilio, D., Di Matteo, V., Di Giulio, C., Cacchio, M., Algeri, S., 2002. A review of specific dietary antioxidants and the effects on biochemical mechanisms related to neurodegenerative processes. *Neurobiol. Aging*, 23, 719-735.
- Ford, E.S., Mokdad, A.H., 2001. Fruit and vegetable consumption and Diabetes Mellitus incidence among U.S. adults. *Prev. Med.*, 32, 33-39.

- Fox, P.F., Brodtkorb, A., 2008. The casein micelle: historical aspects, current concepts and significance. *International Dairy Journal*, 18: 677– 684.
- Fox, P.H., McSweeney, P.L.H., 1998. *Dairy Chemistry and Biochemistry*, (Blackie Academic&Professional), Department of Food Chemistry University College Cork, An Imprint of Chapman Hall, Ireland, 478.
- Frankel, E.N., 1999. Natural phenolic antioxidants and their impact on health. *Antioxidant Food Supplements in Human Health*, 385- 392.
- Gopinath, D., Ahmed M.R., Gomathi, K., Chitra, K., Sehgal P.K., Jayakumar R., 2004. Dermal wound healing processes with curcumin incorporated collagen films. *Biomaterials*, 25 (10), 1911–1917.
- Guo, C., Yang, J., Wei, J., Li, Y., Xu, J., Jiang, Y., 2003. Antioxidant activities of peel, pulp and seed fractions of common fruits as determined by FRAP assay. *Nutrition Research*, 23, 1719- 1726.
- Gürson, O., Özçelikay, G., 2005. Tarçın'ın Tarih Boyunca ve Günümüzdeki Kullanımı Use of Cinnamon throughout the History and Present. *Osmanlı Tarihi Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi OTAM*, 18(18), 171-183.
- Güven, A., Gülmez, M., 2006. Fonksiyonel Gıdalar Ve Sağlıkla İlişkisi. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 12(1), 91-96.
- Güven, M., Saydam, İ.B., Karaca, O.B., 2006. Kazeinat kullanımının beyaz peynir randımanı ve özellikleri üzerine etkileri. *Gıda Dergisi*, 31(4):187-194.
- Gyawali, R., Ibrahim, S.A., 2014. Natural products as antimicrobial agents. *Food Control*. 46: 412-429.
- Halliwell, B., Gutteridge, J.M.C., 1995. The definition and measurement of antioxidants in biological system. *Free Radical Biology and Medicine*, 18(1), 125-126.
- Helal, A., Tagliazucchi, D., 2018. Impact of in-vitro gastro-pancreatic digestion on polyphenols and cinnamaldehyde bioaccessibility and antioxidant activity in stirred cinnamon-fortified yogurt. *LWT*, 89, 164-170.
- Hertog, M.G.L., Feskens, E.I.M., Hollman, P.C.H., Katan, M.B., Kromhout, D., 1993. Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease. The Zutphen Elderly Study, *Lancet*, 342, 1007- 1011.
- Hesap, E., 2018. Modeling Of Gallic Acid Diffusion Case Study On Cinnamomum Zeylanicum, *Eurasian Journal Of Food Science And Technology*, 2(1), 28-38.

- Hesap, E., 2018. Modeling of Gallic Acid Diffusion: Case Study on *Cinnamomum zeylanicum*. *Eurasian Journal of Food Science and Technology*, 2(1), 28-38.
- Holzappel, W.H., Haberer, P., Geisen, R., Björkroth, J., Schillinger, U., 2001. Taxonomy and important features of probiotics microorganisms in food and nutrition. *Am. J. Clin. Nutr.* 73, 3644-3755.
- Huang, D., Ou, B., Prior, R.L., 2005. The Chemistry Behind Antioxidant Capacity Assays. *J. Agric. Food Chem.*, 53, 1841- 1856.
- J. W. McClure, 1986. Physiology of flavanoids in plants. In, *Plant Flavanoids in Biology and Medicine, Biochemical, Pharmacological, and Structure-Activity Relationships*, eds Cody V, Middleton E Jr & Harborne J B. Alan R Liss, New York, , 77-85.
- Karaman, B. E., ve Köşeler, E., 2017. Zerdeçalın Kronik Hastalıklarla İlişkisi. *Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi-BÜSBİD*, 2(2).
- Korhonen, H., 2009. Milk-Derived Bioactive Peptides: From Science to Applications. *Journal of Functional Foods* 1 177-187.
- Korhonen, H., Pihlanto-Leppälä, A., 2006. Bioactive Peptides: Production and Functionality. *International Dairy Journal* 16: 945-960.
- Köse, Y.E, 2018. Usage Possibilities of Mathematical Modelling in Drying Technology, *International Journal of Scientific and Technological Research*, ISSN 2422-8702 (Online), 4(6).
- Kramer A. Twigg, B.A 1984. Quality Control for the food Industry. *Trends in Food Science & Technology*, 13: 17-18.
- Kris- Etherton, P.M., Hecker, K.D., Bonanome, A., Coval, S.M., Binoski, A.E., Hilpert, K.F., Griel, A.E., Etherton, T.D., 2002. Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. *Am. J. Med.*, 113, 71-88.
- Kutlu, N., İşçi, A., Şakıyan D.Ö., 2015. 'Gıdalarda İnce Tabaka Kurutma Modelleri', *Gıda* 40 (1): 39-46.
- Macdonald-Wicks, L. K., Wood, L. G., & Garg, M. L., 2006. Methodology For The Determination Of Biological Antioxidant Capacity In Vitro: A Review. *Journal Of The Science Of Food And Agriculture*, 86(13), 2046-2056.
- Madamba, P.S., Driscoll, R.H., Buckle, K.A., 1996. Thin Layer Drying Characteristics of Garlic Slices. *J Food Eng*, 29, 75-97.

- Magalhaes, L.M., Segundo, M.A., Reis, S., Lima, J. L. F. C, 2008. Methodological Aspects About In Vitro Evaluation Of Antioxidant Properties, *Anal. Chim Acta*, 613, 1-19.
- Maheshwari, R.K., Singh, A.K., Gaddipati, J., Srimal R.C., 2006. Multiple biological activities of curcumin. A short review *Life Sciences*, 78, 2081-2087.
- Maman, M., 2018. Mikrodalga yöntemi ile bazı imin türevlerinin sentezi ve biyolojik aktivitelerinin incelenmesi Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, Feb Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 99s, Ağrı.
- Manning, T.S., Gibson, G.R., 2004. Prebiotics. *Best Practice and Research Clinical Gastroenterology*. 18(2), 287- 298.
- Mengeş H.O., Ertekin, C., Aydın, C., 2005. Elma Dilimlerinin Konveksiyonla Kurmasına Uygun Kuruma Modelinin Belirlenmesi, *Tarım Makinaları Bilimi*, 1, 229–236.
- Meral, R., Doğan, İ.S., Kanberoğlu, G.S., 2012. Fonksiyonel Gıda Bileşeni Olarak Antioksidanlar. *Journal Of The Institute Of Science And Technology*, 2(2), 45-50.
- Midilli, A., Küçük, H., Yapar, Z., 2002. A New Model for Single-Layer Drying. *Drying Technol*, 20, 1503-1513.
- Mohrle, R., Liberman, H., Lachman, L., Schwartz, J., 1989. Effervescent Tablet in Pharmaceutical Dosage Form Table.
- Mphahlele, R.R., Fawole, O.A., Mokwena, L.M., Opara, U.L., 2016. Effect of extraction method on chemical, volatile composition and antioxidant properties of pomegranate juice. *South African Journal of Botany*, 103, 135-144.
- Naksuriya, O., Okonogi, S., Schiffelers, R.M., Hennink, W.E., 2014. Curcumin nanoformulations: a review of pharmaceutical properties and preclinical studies and clinical data related to cancer treatment. *Biomaterials*, 35, 3365-3383.
- Naser, A. A., 2011. Farklı Polimerler Kullanılarak Doğrudan Basım Yöntemi İle Valetamat Bromür'ün Uzun Etkili Oral Dozaj Şekillerinin Tasarımı Ve İncelenmesi. İstanbul Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Yüksek Lisans Tezi, Türkiye.
- Negi P.S., Jayaprakasha G.K., Jagan M.R.L, Sakariah K.K., 1999. Antibacterial activity of turmeric oil: a byproduct from curcumin manufacture. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47 (10), 4297–4300.

- Ozgul, H.K., Cetebozan, S., Yigitarslan S., 2019. Yüksek Polifenol İçeren Kapsüllerden Çikolatalı Bonbon Üretimi. 3. International Conferance on Agriculture Food Veterinary and Pharmacy Sciences - İCAFOP Paper Book.
- Ozgun K., Yigitarslan S., 2016. Analyzing of total flavonoid from *Rosmarinus officinalis* with response surface methodology. Symposium on EuroAsian Biodiversity, 23-27 May Antalya, Turkey, Abstract Book 175.
- Özdemir, M., Devres, Y.O., 1999. The thin layer drying characteristics of hazelnuts during roasting. *Journal of Food Eng*, 42, 225-233.
- Özdemir, T., Özcan, T., 2019. Süt Ürünlerinin Mikro Yapısının Oluşumunda Süt Proteinlerinin Önemi. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(2), 355-374.
- Pangavhane D.R., Sawhney P.N., Sarsavadia P.N., 1999. Effect Of Various Dipping Pretreatments On Drying Kinetics Of Thompson Seedless Grapes. *J Food Eng*, 39, 211-216.
- Pangavhane, D.R., Sawhney, P.N., Sarsavadia P.N., 1999. Effect of Various Dipping Pretreatments on Drying Kinetics of Thompson Seedless Grapes. *J Food Eng*, 39, 211-216.
- Ravindranath V., Chandrasekhara N., 1980. Absorption and tissue distribution of curcumin in rats. *Toxicology*, 16, 259–265.
- Ren, G., Chen, F., 1998. Drying Of American Ginseng (*Panax Quinquefolium*) Roots By Microwave-Hot Air Combination, *Journal Of Food Engineering*, 35, 433–443.
- Roberfroid, M., 2007. Prebiotics: The concept revisited, *Journal of Nutrition*. 137(3), 830-837.
- Robinson T.P., Ehlers T., Hubbard I.R., Bai X., Arbiser J.L., Goldsmith D.J., Bowen J.P., 2003. Design, synthesis, and biological evaluation of angiogenesis inhibitors: aromatic enone and dienone analogues of curcumin. *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*, 13 (1), 115–117.
- Rudrappa T., Bais H.P., 2008. Curcumin, a know phenolic from *curcuma longa*, attenuates the virulence of *pseudomonas aeruginosa* pao1 in whole plant and animal pathogenicity models. *J agric food chem*; 56(6): 1955-62.
- Sacilik, K., Keskin, R., Elicin, A.K., 2006. Mathematical modeling of solar tunnel drying of thin layer organic tomato. *J Food Eng.*, 73, 231-238.
- Sağdıç, O., Küçüköner, E., Özçelik, S., 2004. Probiyotik ve Prebiyotiklerin Fonsiyonel Özellikleri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35, 221-228.

- Sarioğlu, T., Öner, Z., 2006. Yenilebilir filmlerin kaşar peynirinin kaplanması kullanıma olanakları ve peynir kalitesi üzerine etkileri. *Gıda Dergisi*, 31(1):3-10.
- Sarsavadiva, P., Sawhney R., Pangavhane, D.R., Sing I., 1999. Drying Behaviour of Brined Onion Slices. *J Food Eng*, 40, 219-226.
- Sawale, P.D., 2016. Casein and caseinate: methods of manufacture. *Encycl Food Health*, 1, 676-682.
- Severin., S., Wenshui, X. 2005. Milk Biologically Active Components as Nutraceuticals: Review, *Cri. Rev. Food Sci. Nutr.*, 45, 645-656.
- Sharaf-Eldeen, Y.I., Blaisdell, J.L., Hamdy, M.Y., 1980. A model for Ear Corn. *Drying Technol ASAE*, 23, 1261-1271.
- Shebis, Y., Iluz, D., Kinel-Tahan, Y., Dubinsky, Z., Yehoshua, Y., 2003. Natural antioxidants. Function and sources, *Food and Nutrition Sciences*, 4, 643-649.
- Sidhu, G.S., Mani, H., Gaddipati J.P., Kumari, R., Seth, P. Ve Maheshwari, R. K., 2002. Curcumin differentially regulates TGF-beta-1, its receptors and nitric oxide synthase during impaired wound healing. *Biofactors* 16(1, 2), 29-43.
- Silva, S.V., Malcata, F.X., 2005. Caseins as a Source of Bioactive Peptides. *International Dairy Journal* 15: 1- 15.
- Solieri, L, Rutella, G.S., Tagliazucchi, D., 2015). Impact of non-starter lactobacilli on release of peptides with angiotensin-converting enzyme inhibitory and antioxidant activities during bovine milk fermentation. *Food Microbiology* 51:108-116.
- Tian, X.F., Bian, B.L., 2004. Development of effervescent tablet of Chinese traditional medicine and its technology study. *Article in Chinese, Zhongguo Zhong Yao Za Zhi*; 29: 624–7.
- Tokusoglu, O., 2019. Food Tablet Manufacturing Strategies: Research Data on Effervescent Food Supplements. *Food Health and Technology Innovations*, 2(4), 177-180.
- Tonbak, F. ve Çiftçi, M., 2012. Sıcaklık stresine maruz bırakılan bıldırcınlarda Rasyona ilave edilen tarçın yağının (*Cinnamomum zeylanicum* l.) performans ve karkas özellikleri üzerine etkisi. *FÜ Sağ Bil Vet Derg*, 26, 3, 157-164.
- Tousel, M.D., 2015. The manufacturing process, tablet and capsule manufacturing. *Techceuticals*, 15, 1-12.

- Tozoğlu, F., 2011. Erzincan kirazı (*Cerasus erzincanica*; Ş. Yıldırım) sap ve tohum kısımlarının antioksidan aktivitelerinin belirlenmesi. Erzincan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 7s, Erzincan.
- Ts 1125 Iso 750, 2002. Meyve Ve Sebze Ürünleri-Titrasyon Asitliği Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Ts En 1131, 1996. Meyve Ve Sebze Suları-Bağıl Yoğunluk Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Ts Iso 279, 2012. Eteri Yağların Yoğunluk Ve Nisbi Yoğunluklarının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Ts Iso 3105, 1994. Cam Kılcal Kinematik Viskozimetreler- Özellikler Ve Kullanma Tatlimatları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Ts Iso 5492, 2008. Duyusal Analizler-Terimler Ve Tarifleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Uylaşer, V., 2004. Boza Mikroflorasını Oluşturan Bazı Mikroorganizmalar ve Probiyotik Etkileri. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, Van, 428-32.
- Wang, C.Y., Sing, R.P., 1978. A Single Layer Drying Equation for Rough Rice. Am. Soc. Agr. Eng, St. Joseph, MI, 78, 3001.
- Yaldız, O., Ertekin, C., Uzun, H., 2000. Çekirdeksiz Üzümün İnce Tabaka Halinde Güneş Enerji ile Kurutulmasının Matematiksel Modellemesi Üzerinde Bir Araştırmama. 19. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon Kongresi Bildiri Kitabı, Erzurum, 345-350.
- Yaldız. O., Ertekin, C., 2001. Thin Layer Solar Drying of Some Vegetables. Drying Technol, 19, 583-597.
- Yılmaz, İ., 2010. Antioksidan içeren bazı gıdalar ve oksidatif stres. İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi, 17(2), 143-153.
- Yildiz, S. Y., 2006. Production Of Sweetening Syrups With Functional Properties, Phd Diss., Middle East Technical University, Graduate School Of Natural And Applied Science, Ankara.
- Younes, E., 2017. Structural properties of casein micelles in milk, the effect of salt, temperature, and pH. International Journal of Biotechnology and Bioengineering, 36: 202-215.
- Zorba, M., Hancıoğlu, O., Genç, M., Karapınar, M., Ova, G., 2003. The Use Of Starter Cultures In The Fermentation Of Boza, A Traditional Turkish Beverage, Process Biochemistry, 38, 1405- 1411.

EKLER

EK A. Ham veriler

EK B. Örnek Hesaplamalar

EK C. Grafikler

EK D. Analiz Sonuçları



EK A. Ham Veriler

Çizelge A.1. Süt ve PAS'ın piknometre içerisindeki ağırlıkları

Analiz No Materyal	1	2	3
Süt ^a (g)	25,550	25,600	25,575
PAS ^b (g)	25,050	25,000	25,175

(st.sp^a= 0,025 , st.sp^b=0,09)

Çizelge A.2. Süt için kuru madde analizi

Analiz No	Boş Kroze Ağırlığı(g)	Kurutulmuş Dolu Kroze Ağırlığı(g)	Krozedeki Kuru Made Ağırlığı(g/ml)	Süt (ml)
1	21,870	21,980	0,110	500
2	30,460	30,569	0,109	500
3	22,162	22,263	0,101	500

(st.sp^a= 2,460)

Çizelge A.3. PAS için kuru madde analizi

Analiz No	Boş Kroze Ağırlığı(g)	Kurutulmuş Dolu Kroze Ağırlığı(g)	Krozedeki Kuru Made Ağırlığı ^a (g/ml)	PAS (ml)
1	18,450	18,520	0,070	354
2	19,640	19,720	0,080	359
3	28,360	28,433	0,073	346

(st.sp^a= 0,051)

Çizelge A.4. Üretilen yaş kazein karışımı miktarı

Analiz No	Süt (ml)	Asetik Asit(ml)	Peyniraltı Suyu (ml)	Yaş Kazein karışımı (g)
1	500,0	1,3	354,0	120,490
2	500,0	1,3	359,0	130,030
3	500,0	1,3	346,0	126,100

(st.sp^{*}= 0,018)

Çizelge A.5. Kuru kazein karışımı ve nem miktarı

Kuru Madde		
Analiz No	Boş Borcam Ağırlığı (g)	Borcam & Kuru Kazein Ağırlığı (g)
1	707,250	741,18
2	707,250	741,06
3	707,250	741,11
Nem Miktarı		
Analiz No	Boş Kroze (g)	Kuru Dolu Kroze (g/g kazein)
1	22,86	23,24
2	25,86	26,28
3	32,40	32,79

Çizelge A.6. Sodyum kazeinatın kuru madde analizi

Analiz No	Boş Kroze Ağırlığı(g)	Dolu Kroze Ağırlığı(g)	Kurutulmuş Kroze Ağırlığı(g/ml)
1	24,255	25,260	25,049
2	20,460	21,460	21,231
3	27,621	28,621	28,411

Çizelge A.7. Yaş Sodyum Kazeinatın Kısmen Kurutulması

Analiz No	Boş Bor Cam Ağırlığı(g)	Yağlı Kağıt Ağırlığı (g)	Bor Cam ve Yaş Sodyum Kazeinat Ağırlığı ^a (g)	Bor Cam Ve Kuru Sodyum Kazeinat Ağırlığı ^b (g)
1	707,250	4,450	905,19	737,660
2	707,250	4,453	901,08	740,520
3	707,250	4,501	908,60	736,131

(st.sp^a= 3,765 , st.sp^b=2,227)

Çizelge A.8. Kuru Soydam kazeinat karışımının üretiminin kütle denkliği için veriler

Analiz No	Kuru Kazein Ağırlığı(g)	Sodyum Kazeinat Kuru Ağırlığı (g)
1	33,93	25,96
2	33,81	28,82
3	33,86	24,38

(st.sp* = 0,067)

Çizelge A.9. Box-Behnken deney dizaynına göre ZET Çözünme süresi

Deney No	1	2	3	4	5
Çözünme Süresi (s)	39,17	310,55	32,38	49,59	25,97
Deney No	6	7	8	9	10
Çözünme Süresi (s)	178,00	16,17	163,96	73,11	30,06
Deney No	11	12	13	14	15
Çözünme Süresi (s)	31,43	36,01	32,63	33,50	40,84

Çizelge A.10. Box-Behnken deney dizaynına göre ZET pH değerleri

Deney No	1	2	3	4	5
pH	6,84	6,97	6,73	6,67	6,80
Deney No	6	7	8	9	10
pH	6,93	6,63	6,89	6,82	6,78
Deney No	11	12	13	14	15
pH	6,71	6,71	6,80	6,68	6,75

Çizelge A.11. Box-Behnken deney dizaynına göre ZET toplam asitlik analizi için harcan NaOH miktarları

Deney No	1			2			3			4			5		
NaOH (ml)	1,2	1,3	1,3	1,6	1,7	1,6	1,4	1,4	1,3	1,7	1,8	1,7	1,5	1,4	1,4
Deney No	6			7			8			9			10		
NaOH (ml)	2,2	2,2	2,1	1,3	1,3	1,5	1,9	1,9	1,9	1,3	1,4	1,4	1,7	1,6	1,6
Deney No	11			12			13			14			15		
NaOH (ml)	2,0	2,0	1,9	2,0	1,9	1,9	1,5	1,5	1,4	2,0	2,0	2,1	2,0	2,0	2,1

Çizelge A.12. Box-Behnken deney dizaynına göre ZET viskozite analizi için süre değerleri

Deney No	1			2			3		
Süre (saniye)	45,16	46,15	45,20	44,75	75,02	44,92	41,97	41,97	41,20
Deney No	4			5			6		
Süre (saniye)	46,50	46,00	47,10	44,77	44,68	45,50	47,00	46,20	46,30
Deney No	7			8			9		
Süre (saniye)	43,60	44,89	44,65	46,32	46,35	45,18	46,42	47,05	47,06
Deney No	10			11			12		
Süre (saniye)	46,19	47,63	47,05	47,20	47,61	47,13	47,02	47,85	47,30
Deney No	13			14			15		
Süre (saniye)	45,23	45,50	45,05	45,23	45,50	45,05	45,05	45,06	45,15

Çizelge A.13. Box-Behnken deney dizaynına göre ZET yoğunluk analizi için piknometre içerisindeki numune ağırlıkları

Deney No	1			2			3		
Ağırlık (gram)	24,83	24,88	24,81	24,78	24,79	24,81	24,68	27,74	24,50
Deney No	4			5			6		
Ağırlık (gram)	24,63	24,61	24,65	24,76	24,67	24,68	24,78	24,76	24,79
Deney No	7			8			9		
Ağırlık (gram)	24,89	24,90	24,85	24,72	24,68	24,78	24,47	24,52	24,55
Deney No	10			11			12		
Ağırlık (gram)	25,01	24,95	24,99	24,82	24,92	24,96	24,99	25,07	25,08
Deney No	13			14			15		
Ağırlık (gram)	24,73	24,69	24,76	24,88	24,79	24,83	24,80	24,82	24,78

Çizelge A.14.Box-Behnken deney dizaynına göre ZET için kuru madde analizi kroze ağırlıkları

Deney No	1	2	3	4	5
Boş Kroze Ağırlık (g)	24,077	25,303	24,003	21,919	20,836
Kuru Kroze Ağırlık (g)	24,078	25,300	24,002	21,919	20,835
Deney No	6	7	8	9	10
Boş Kroze Ağırlık (g)	19,101	20,250	23,125	20,108	21,775
Kuru Kroze Ağırlık (g)	19,100	20,250	23,124	20,108	21,777
Deney No	11	12	13	14	15
Boş Kroze Ağırlık (g)	25,636	19,782	23,206	21,762	23,612
Kuru Kroze Ağırlık (g)	25,634	19,781	23,205	21,761	32,613

Çizelge A.15. Box-Behnken deney dizaynına göre ZET'in şeker analizi için UV-Spektrometre'de okunan ABS değerleri

Deney No	1			2			3		
ABS	0,1052	0,0885	0,2146	0,1743	0,1911	0,1518	0,1572	0,8180	0,1217
Deney No	4			5			6		
ABS	0,2511	0,2201	0,2576	0,1491	0,1387	0,0706	0,1048	0,1284	0,1803
Deney No	7			8			9		
ABS	0,1883	0,1762	0,2136	0,1388	0,1607	0,1277	0,1201	0,1277	0,1380
Deney No	10			11			12		
ABS	0,4933	0,1986	0,3880	0,1926	0,0913	0,0961	0,3610	0,4186	0,4946
Deney No	13			14			15		
ABS	0,1375	0,2560	0,2129	0,1295	0,2265	0,4352	0,3326	0,2122	0,4667

Çizelge A.16. Box-Behnken deney dizaynına göre ZET'in folin miktarı için UV-Spektrometre'de okunan ABS değerleri

Deney No	1			2			3		
ABS	0,2034	0,1954	0,1937	0,3570	0,3054	0,2996	0,1909	0,1879	0,1593
Deney No	4			5			6		
ABS	0,1953	0,2241	0,1672	0,2159	0,1989	0,1897	0,3331	0,3889	0,3096
Deney No	7			8			9		
ABS	0,1948	0,1698	0,2210	0,3106	0,3204	0,3093	0,2736	0,3056	0,2431
Deney No	10			11			12		
ABS	0,2816	0,2926	0,2646	0,2523	0,2473	0,2646	0,2781	0,2762	0,2852
Deney No	13			14			15		
ABS	0,2401	0,2293	0,2239	0,1810	0,2289	0,1656	0,2224	0,2309	0,2075

Çizelge A.17. Box-Behnken deney dizaynına göre TET Çözünme süresi

Deney No	1	2	3	4	5
Çözünme Süresi (s)	777,39	288,22	85,24	211,57	735,46
Deney No	6	7	8	9	10
Çözünme Süresi (s)	263,33	690,52	292,67	295,41	520,36
Deney No	11	12	13	14	15
Çözünme Süresi (s)	954,30	845,26	1430,12	1415,59	1407,30

Çizelge A.18.Box-Behnken deney dizaynına göre TET pH değerleri

Deney No	1	2	3	4	5
pH	7,23	6,96	6,77	7,01	7,05
Deney No	6	7	8	9	10
pH	6,94	6,80	6,81	6,87	6,96
Deney No	11	12	13	14	15
pH	6,83	6,90	6,93	6,95	6,96

Çizelge A.19. Box-Behnken deney dizaynına göre TET toplam asitlik analizi için harcan NaOH miktarları

Deney No	1			2			3			4			5		
NaOH (ml)	0,35	0,40	0,37	0,82	0,80	0,80	0,47	0,48	0,50	0,67	0,65	0,70	0,40	0,40	0,45
Deney No	6			7			8			9			10		
NaOH (ml)	0,75	0,73	0,76	0,45	0,50	0,50	0,85	0,78	0,80	0,72	0,67	0,65	0,60	0,65	0,70
Deney No	11			12			13			14			15		
NaOH (ml)	0,55	0,60	0,56	0,65	0,60	0,55	0,70	0,70	0,65	0,65	0,65	0,70	0,75	0,70	0,70

Çizelge A.20. Box-Behnken deney dizaynına göre TET viskozite analizi için süre değerleri

Deney No	1			2			3		
Süre (saniye)	56,75	55,55	54,78	55,95	57,25	56,16	50,67	55,33	51,85
Deney No	4			5			6		
Süre (saniye)	55,30	53,57	53,56	56,19	54,74	55,20	55,47	55,45	55,10
Deney No	7			8			9		
Süre (saniye)	53,77	54,73	54,15	51,43	55,83	54,72	54,73	52,32	53,70
Deney No	10			11			12		
Süre (saniye)	55,25	54,02	55,28	52,83	52,43	51,90	52,80	52,08	53,42
Deney No	13			14			15		
Süre (saniye)	51,99	52,06	52,15	51,35	53,49	52,60	53,13	51,95	52,50

Çizelge A.21. Box-Behnken deney dizaynına göre TET yoğunluk analizi için piknometre içerisindeki numune ağırlıkları

Deney No	1			2			3		
Ağırlık (gram)	24,82	24,81	24,84	24,95	24,94	24,95	24,83	27,94	24,78
Deney No	4			5			6		
Ağırlık (gram)	24,90	24,93	24,91	24,88	24,87	24,88	24,97	24,90	24,91
Deney No	7			8			9		
Ağırlık (gram)	24,87	24,89	24,88	24,86	24,88	24,83	24,88	24,89	24,88
Deney No	10			11			12		
Ağırlık (gram)	24,87	24,86	24,85	24,79	24,85	24,83	24,96	25,88	25,98
Deney No	13			14			15		
Ağırlık (gram)	24,86	24,89	24,89	24,87	24,88	24,87	24,87	24,87	24,88

Çizelge A.22. Box-Behnken deney dizaynına göre TET için kuru madde analizi kroze ağırlıkları

Deney No	1	2	3	4	5
Boş Kroze Ağırlık (g)	20,244	23,207	21,861	15,272	26,953
Kuru Kroze Ağırlık (g)	20,252	23,214	21,870	15,284	26,691
Deney No	6	7	8	9	10
Boş Kroze Ağırlık (g)	21,915	21,778	25,299	21,762	19,782
Kuru Kroze Ağırlık (g)	21,929	21,783	25,307	21,766	19,789
Deney No	11	12	13	14	15
Boş Kroze Ağırlık (g)	25,639	24,005	20,834	24,074	18,880
Kuru Kroze Ağırlık (g)	25,643	24,012	20,841	24,084	18,888

Çizelge A.23. Box-Behnken deney dizaynına göre TET'in şeker analizi için UV-Spektrometre'de okunan ABS değerleri

Deney No	1			2			3		
ABS	1,0790	1,1048	1,1130	1,1067	1,0991	1,1038	1,1054	1,0967	1,0851
Deney No	4			5			6		
ABS	1,1055	1,1031	1,1022	1,1072	1,0982	1,1144	1,0995	1,1044	1,0955
Deney No	7			8			9		
ABS	1,1007	1,1165	1,0995	1,0916	1,1069	1,1549	1,1045	1,0931	1,1086
Deney No	10			11			12		
ABS	1,1753	1,0947	1,0907	1,0987	1,0993	1,1080	1,1363	1,1022	1,1378
Deney No	13			14			15		
ABS	1,1232	1,1128	1,1137	1,1469	1,1580	1,1447	1,0980	1,0311	1,0389

Çizelge A.24. Box-Behnken deney dizaynına göre TET'in folin miktarı için UV-Spektrometre'de okunan ABS değerleri

Deney No	1			2			3		
ABS	0,3569	0,3073	0,3469	0,5424	0,5544	0,5510	0,2158	0,1812	0,2115
Deney No	4			5			6		
ABS	0,5280	0,6129	0,4858	0,2959	0,2890	0,2997	0,4197	0,4480	0,4344
Deney No	7			8			9		
ABS	0,3309	0,2873	0,4316	1,1073	0,7550	0,9061	0,7682	0,5710	0,7884
Deney No	10			11			12		
ABS	0,5195	0,5840	0,6176	0,4372	0,4254	0,4205	0,4344	0,4458	0,4681
Deney No	13			14			15		
ABS	0,4885	0,4856	0,5065	0,4028	0,3792	0,3886	0,5392	0,5366	0,5197

Çizelge A.25. Box-Behnken deney dizaynına göre NKET Çözünme süresi

Deney No	1	2	3	4	5
Çözünme Süresi (s)	130	276	194	477	217
Deney No	6	7	8	9	10
Çözünme Süresi (s)	636	262	720	782	542
Deney No	11	12	13	14	15
Çözünme Süresi (s)	767	467	520	516	542

Çizelge A.26. Box-Behnken deney dizaynına göre NKET pH değerleri

Deney No	1	2	3	4	5
pH	7,15	7,16	7,11	7,03	7,33
Deney No	6	7	8	9	10
pH	6,99	7,11	7,14	7,07	7,16
Deney No	11	12	13	14	15
pH	7,09	6,94	7,10	7,10	7,11

Çizelge A.27. Box-Behnken deney dizaynına göre NKET toplam asitlik analizi için harcan NaOH miktarları

Deney No	1			2			3			4			5		
NaOH (ml)	0,50	0,45	0,50	1,0	0,90	0,90	0,40	0,45	0,45	1,15	1,10	1,10	0,45	0,50	0,45
Deney No	6			7			8			9			10		
NaOH (ml)	1,10	1,00	1,05	0,55	0,60	0,55	1,30	1,10	1,15	0,85	0,80	0,80	0,90	0,90	0,85
Deney No	11			12			13			14			15		
NaOH (ml)	0,70	0,75	0,80	0,90	0,85	0,90	1,00	1,05	1,10	0,90	0,90	0,95	0,90	0,90	0,90

Çizelge A.28. Box-Behnken deney dizaynına göre NKET viskozite analizi için süre değerleri

Deney No	1			2			3		
Süre (saniye)	49,07	46,57	47,50	49,38	47,23	50,68	48,98	49,22	49,03
Deney No	4			5			6		
Süre (saniye)	49,35	48,00	48,30	48,12	43,92	46,53	55,39	49,82	53,97
Deney No	7			8			9		
Süre (saniye)	51,85	48,00	49,97	52,43	51,72	51,30	52,10	48,98	49,50
Deney No	10			11			12		
Süre (saniye)	47,86	47,70	47,30	48,62	48,20	48,36	48,06	47,60	48,30
Deney No	13			14			15		
Süre (saniye)	49,36	50,09	49,33	47,50	49,10	49,60	49,35	49,86	50,20

Çizelge A.29. Box-Behnken deney dizaynına göre NKET yoğunluk analizi için piknometre içerisindeki numune ağırlıkları

Deney No	1			2			3		
Ağırlık (gram)	24,73	24,84	24,79	24,92	24,89	24,91	24,73	24,77	24,77
Deney No	4			5			6		
Ağırlık (gram)	24,75	24,84	24,81	24,86	24,79	24,84	24,76	24,77	24,78
Deney No	7			8			9		
Ağırlık (gram)	24,79	24,81	24,77	24,82	24,81	24,84	24,74	24,70	24,78
Deney No	10			11			12		
Ağırlık (gram)	24,80	24,82	24,81	24,83	24,79	24,81	24,82	24,84	24,80
Deney No	13			14			15		
Ağırlık (gram)	24,78	24,80	24,81	24,83	24,82	24,83	24,84	24,83	24,80

Çizelge A.30. Box-Behnken deney dizaynına göre NKET için kuru madde analizi kroze ağırlıkları

Deney No	1	2	3	4	5
Boş Kroze Ağırlık (g)	25,298	19,782	23,204	20,246	26,955
Kuru Kroze Ağırlık (g)	25,289	19,787	23,205	20,256	26,957
Deney No	6	7	8	9	10
Boş Kroze Ağırlık (g)	21,774	21,913	15,266	25,637	18,879
Kuru Kroze Ağırlık (g)	21,781	21,918	15,279	25,643	18,884
Deney No	11	12	13	14	15
Boş Kroze Ağırlık (g)	22,860	21,865	21,761	20,838	24,078
Kuru Kroze Ağırlık (g)	22,864	21,868	21,766	20,844	24,083

Çizelge A.31. Box-Behnken deney dizaynına göre NKET'in şeker analizi için UV-Spektrometre'de okunan ABS değerleri

Deney No	1			2			3		
ABS	0,2972	0,2876	0,2899	0,2914	0,2933	0,2813	0,2923	0,2874	0,2896
Deney No	4			5			6		
ABS	0,2812	0,2763	0,2932	0,2830	0,2804	0,2858	0,2859	0,2760	0,2903
Deney No	7			8			9		
ABS	0,2913	0,2853	0,2702	0,2780	0,2752	0,2873	0,2695	0,2143	0,2151
Deney No	10			11			12		
ABS	0,2812	0,2970	0,3046	0,1854	0,1792	0,1441	0,2832	0,2610	0,2662
Deney No	13			14			15		
ABS	0,2988	0,3045	0,2870	0,2828	0,2934	0,2844	0,2878	0,2886	0,2830

Çizelge A.32. Box-Behnken deney dizaynına göre NKET'in folin miktarı için UV-Spektrometre'de okunan ABS değerleri

Deney No	1			2			3		
ABS	0,0303	0,0126	0,1143	0,0712	0,0523	0,0462	0,0773	0,0560	0,0427
Deney No	4			5			6		
ABS	0,1266	0,0835	0,0356	0,0378	0,0229	0,0246	0,0235	0,0265	0,1239
Deney No	7			8			9		
ABS	0,0910	0,0655	0,1094	0,2057	0,0176	0,0314	0,0329	0,0243	0,0196
Deney No	10			11			12		
ABS	0,0189	0,0197	0,0358	0,0798	0,0465	0,0096	0,0242	0,0815	0,0529
Deney No	13			14			15		
ABS	0,0432	0,0607	0,0538	0,0448	0,0213	0,0339	0,0303	0,0196	0,0161

EK B. Örnek Hesaplamalar

B.1. Yoğunluk, standart sapma ve yüzde standart sapma hesabı

Süt ve peyniraltı suyunun ortalama yoğunluklarının örnek hesaplaması:

$$\rho = \frac{m}{V} \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad \rho_1 = \frac{25,550 \text{ g}}{25 \text{ ml}} \quad \rho_1 = 1,022 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho_{ort.} = \frac{\rho_1 + \rho_2 + \rho_3}{3} \quad \rho_{ort.} = \frac{1,022 + 1,024 + 1,023}{3} \quad \rho_{ort.} = 1,023 \text{ g/cm}^3$$

$$\begin{array}{r} 1,023 \\ 100 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{r} 0,001 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{r} \text{?} = \%0,098 \end{array}$$

B.2. Kuru madde miktarının hesaplanması

Sütün kuru madde analizinin örnek hesabı:

Boş Kroze Ağırlığı = 21,870g; Kurutulmuş Dolu Kroze Ağırlığı= 21,980g

1ml süt 0,110 g krozedeki kuru madde Ağırlığı

500ml süt ?=55,0 g

Kazein karışımının kuru madde miktarının hesaplanması:

Bor Cam İçerisindeki Kuru Kazein Miktarı (g) – Boş Borcam Ağırlığı (g) = Kuru Kazein Miktarı (g)

$$741,06 \text{ g} - 707,25 \text{ g} = 33,81 \text{ g}$$

B.3. Kuru kazein karışımının nem oranının hesaplanması

Kuru Dolu Kroze (g) – Boş Kroze (g) = Kuru Kazein Karışımı (g)

$$23,24 \text{ g} - 22,86 \text{ g} = 0,38 \text{ g kuru kazein karışımı}$$

1 g kısmen kurutulmuş kazein karışımı	0,38 g kuru kazein karışımı
100 g	x=%38

$$\text{Nem Oranı} = 100 - 38 = 62$$

B.4. Yaş kazein karışımı üretimi için toplam kütle denkliği örnek hesabı

Süt (g) + Asetik Asit (g) = PAS_{ort.} (g) + Ortalama Yaş Kazein Karışımı (g)

$$(500\text{ml süt}) \cdot (1,023 \text{ g/cm}^3) + (1,3 \text{ ml AA}) \cdot (1,03 \text{ cm}^3) = (354,059 \text{ ml PAS}) \cdot (1,003 \text{ cm}^3) + (125,54\text{g Kazein})$$

512,829 g süt	479,599 g PAS ve Yaş Kazein Karışımı
100	?= %93,52

B.5. Kazein karışımının kuru madde miktarının hesaplanması

Bor Cam İçerisindeki Kuru Kazein Miktarı (g) – Boş Borcam Ağırlığı (g) = Kuru Kazein Miktarı (g)

$$741,06 \text{ g} - 707,25 \text{ g} = 33,81 \text{ g}$$

B.6. Kuru kazein karışımı üretimi için toplam kütle denkliği örnek hesabı

Yaş kazein karışımı (g) = Nem (g) + Kuru kazein karışımı (g)

$$120,490 \text{ g} = 86,56 \text{ (g)} + 33,93 \text{ (g)}$$

B.7. Sodyum Kazeinat Karışımının Kısmen Kuru Ağırlığı Örnek Hesabı

Sodyum Kazeinat Karışımının Kuru Ağırlığı (g) = Bor Cam Ve Kuru Sodyum Kazeinat Karışımının Ağırlığı (g) – (Boş Bor Cam Ağırlığı(g) + Yağlı Kağıt Ağırlığı (g))
Sodyum Kazeinat Kuru Ağırlığı = 737,660 – (707,250 + 4,450) = 25,96 g

B.8. Yaş Sodyum kazeinat karışımının üretiminin Kütle Denkliği

Örnek Hesaplama aşağıdaki çizelgede yer alan değerler kullanılmıştır.

Kazein + NaOH +Su = Yaş Sodyum Kazeinat

Kullanılan NaOH miktarı (g);

1M = X mol/ 18ml

1 mol/ 1000ml = x mol/18ml

X=0,018 mol NaOH

(0,018 mol) . (40 g/mol) = 0,72 g NaOH

Kullanılan saf H₂O miktarı (g);

(150ml) . (1 g/ml) = 150 g H₂O

(120,49 g Yaş Kazein) + (0,72 g NaOH) + (150 g H₂O) = 271,21

Verim;

(193,49 g x 100) / (271,21 g) = 71,34 %

Çizelge B.1. Yaş sodyum kazeinat karışımının kütle denkleğinde kullanılan veriler

Analiz No	Yaş Kazein (g)	Su (g)	NaOH (g)	Başlangıçtaki Toplam Ağırlık ^a (g)	Yaş Sodyum Kazeinat (g)
1	120,490	150	0,72	271,21	193,49
2	130,030	150	0,72	280,75	189,38
3	126,100	150	0,72	276,82	196,85

(st.sp^a= 4,795 , st.sp^b=0,300)

B.9. Kazeinden Sodyum Kazeinatın Toplam Kuru Kütle Denklemine Verimi Örnek Hesap

33,93 g Kuru Kazein Karışımı	25,96 g Kuru Sodyum Kazeinat Karışımı
100	%76,51

B.10. ZET analizleri için örnek hesaplamalar

Gerçekleştirilen analizler üç tekrarlı gerçekleştirilmiştir. Ham verilerdeki değerlerin ortalaması alınarak hesaplamalar yapılmıştır.

B.11. ZET Toplam Asitlik (Deney no 1)

$$\% \text{ Toplam Asit Miktarı} = \frac{V \times f \times E}{M_c} \times 100$$

V= Harcanan 0,1 N NaOH miktarı üç tekrarın ortalaması (ml) = 0,57

f= Bazın normalite faktörü = 0,09

E= 0,1 NaOH eş değer asitliği = 1

M_c= Titre edilen örneğin miktarı = 20 ml

$$\% \text{ Toplam Asit Miktarı} = \frac{0,57 \times 0,09 \times 1}{20} \times 100 = \% 25,65$$

B.12. ZET Yoğunluk (Deney no 1)

$$\rho = \frac{m}{V} \quad 0,9936 = \frac{24,84}{25}$$

ρ= Yoğunluk (g/cm³) = 0,9936 g/cm³

m= Ortalama Kütle (g) = 24,84 g

V= Hacim (cm³) = 25 ml

B.13. ZET Viskozite (Deney no 1)

$$\frac{\mu_2}{\mu_{su}} = \frac{\rho_2 \times t_2}{\rho_{su} \times t_{su}} \quad \frac{\mu_2}{0,00089} = \frac{0,9936 \times 45,50}{0,997 \times 45,2}$$

$$\mu_2 = 8,92 \times 10^{-4} \text{ Pa.s}$$

B.14. Kuru madde miktarı (Deney no1)

$$\text{Kuru madde miktarı (g/100ml)} = (\text{Kuru kroze} - \text{Boş kroze}) \times 100 \text{ ml}$$

$$\text{Kuru madde miktarı (g/100ml)} = (25,303 - 25,300) \times 100$$

$$\text{Kuru madde miktarı (g/100ml)} = 0,3$$

B.15. Şeker miktarı (Deney no1)

$$\text{Glikoz miktarı (mg/100ml)} = \frac{ABS_{@520 \text{ nm}}}{0,143} \times 100 \text{ ml}$$

$$\text{Glikoz miktarı} \left(\frac{\text{mg}}{100 \text{ ml}} \right) = \frac{0,1361}{0,143} \times 100 \times 10 \text{ ml}$$

$$\text{Glikoz miktarı (mg/100ml)} = 951,7483$$

(UV-Spektrofotometre ölçümlerinde 1/10 seyreltme yapıldığı için formülde 10 katı alınmıştır)

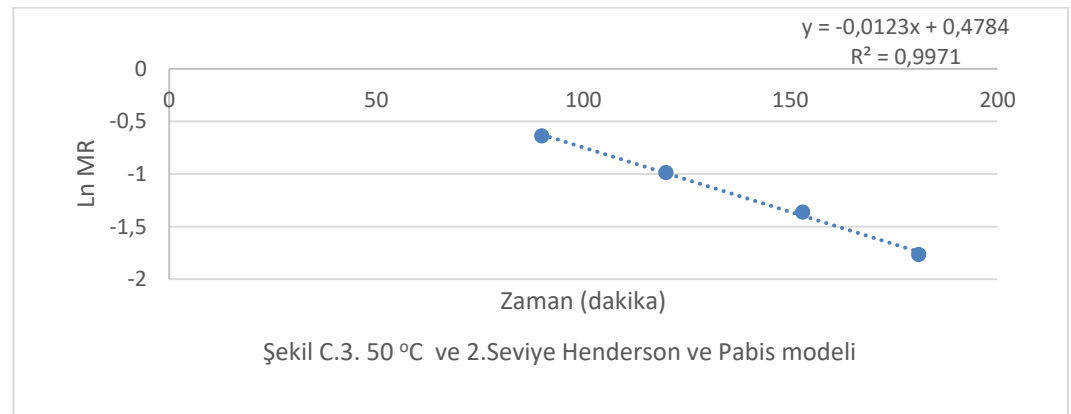
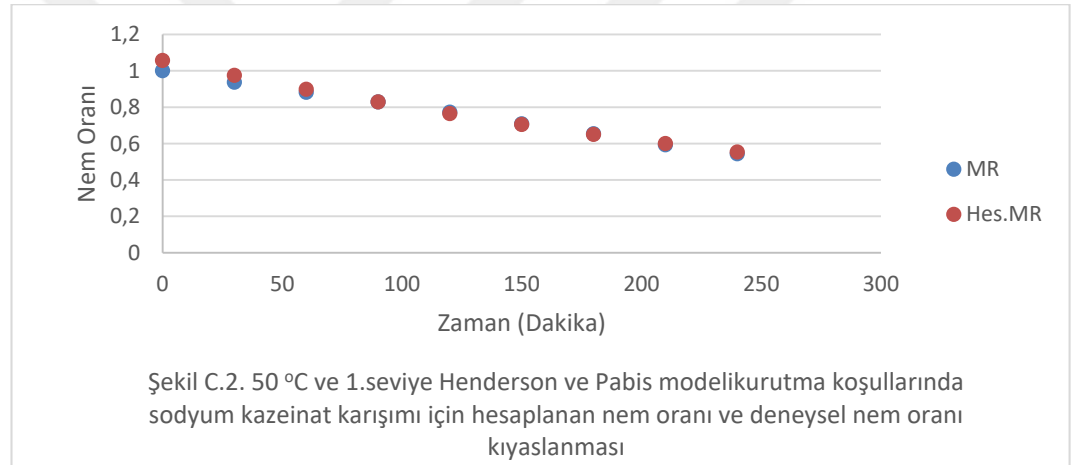
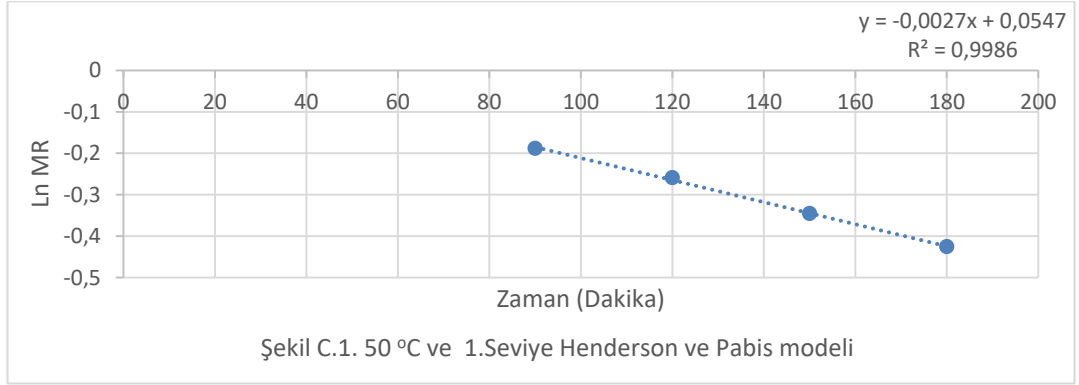
B.16. Folin miktarı (Deney no1)

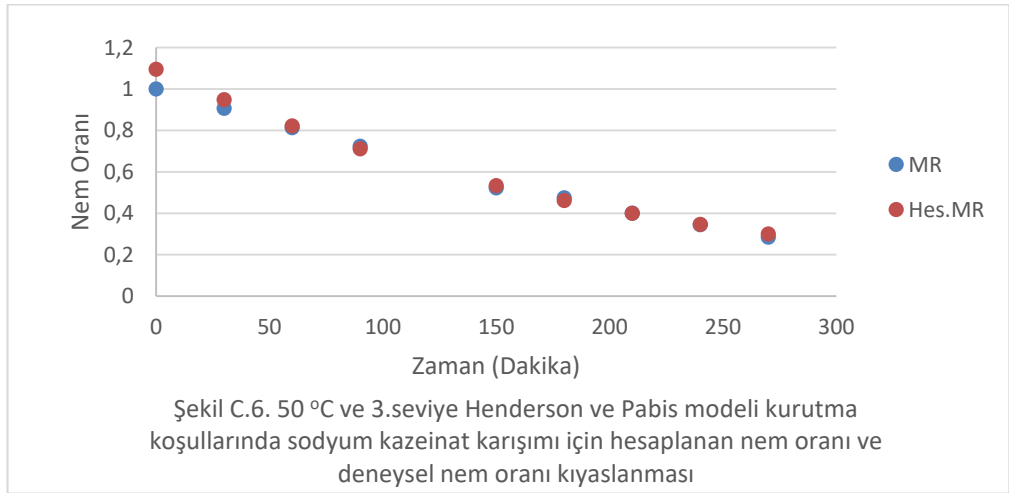
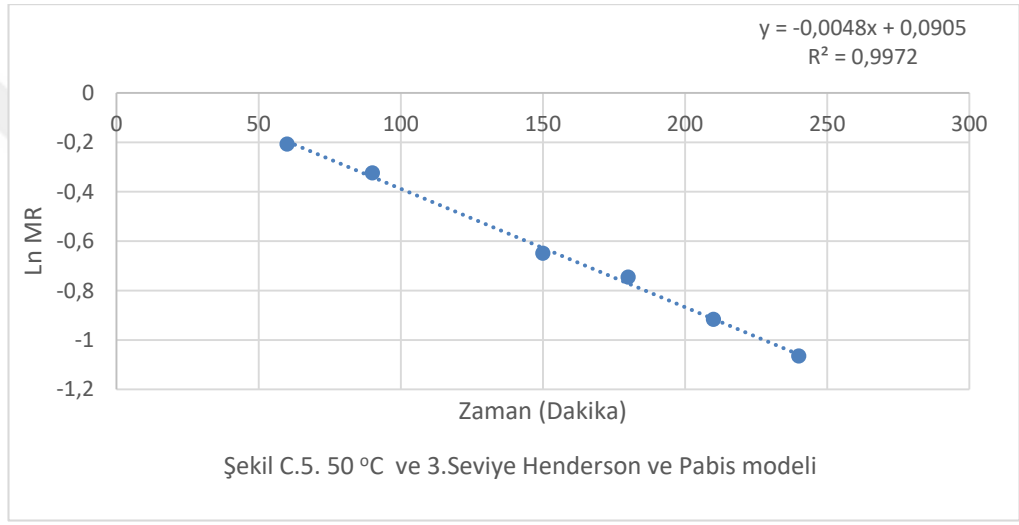
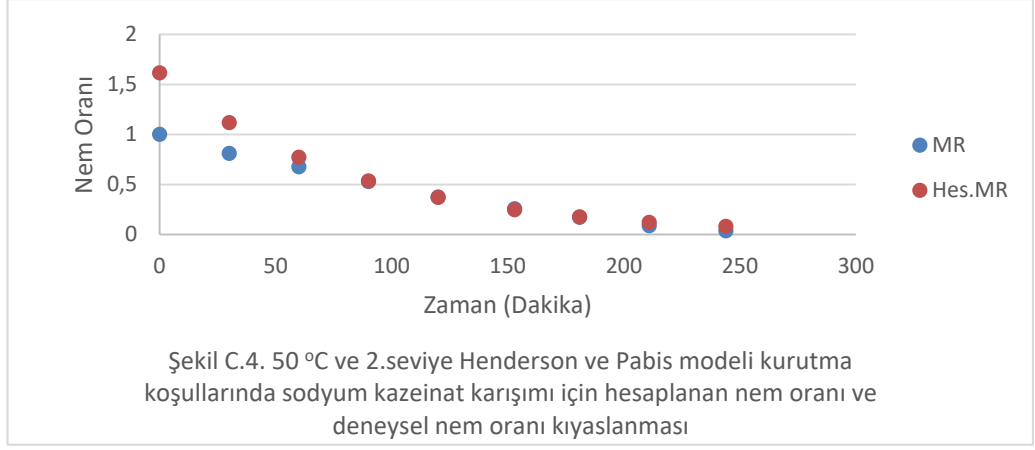
$$ABS_{@765 \text{ nm}} = 0,01532 \times \text{Konsantrasyon} (\mu\text{g /ml})$$

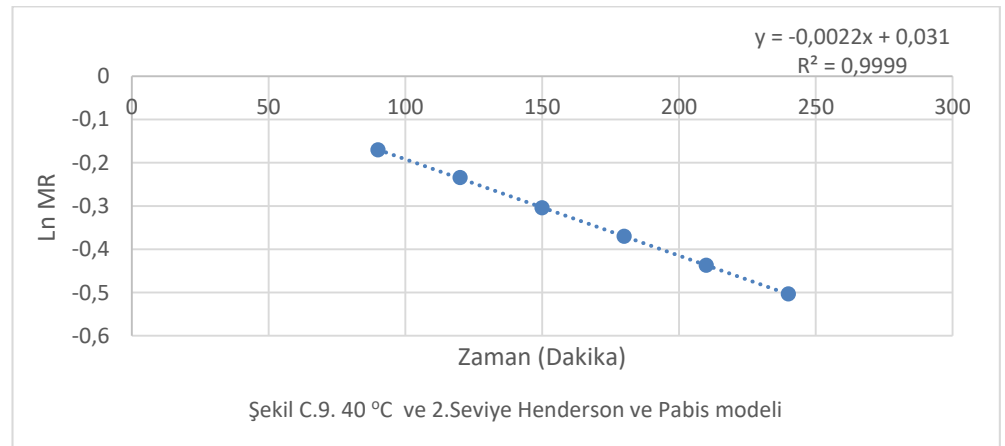
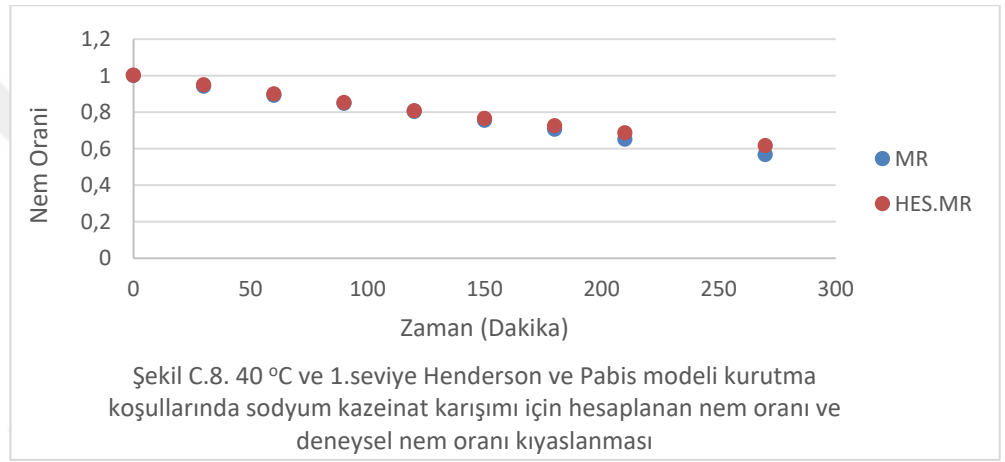
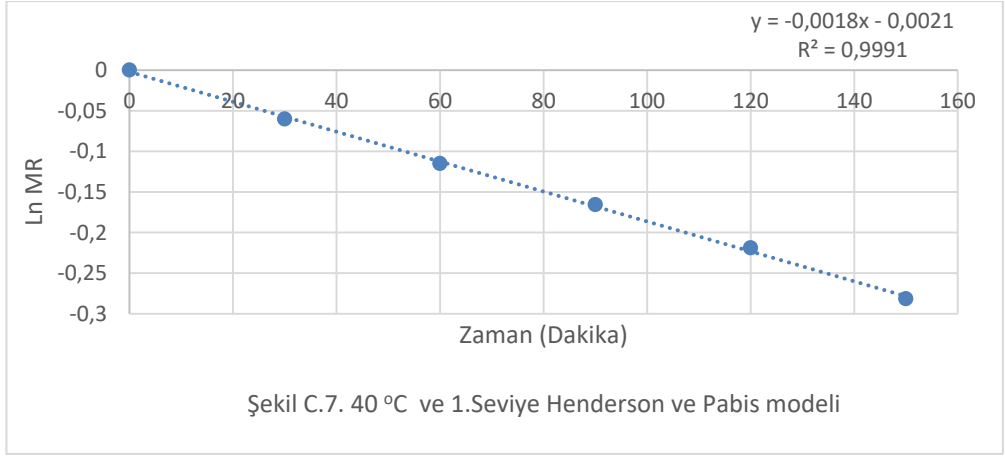
$$0,1975 = 0,01532 \times \text{Konsantrasyon} (\mu\text{g/ml})$$

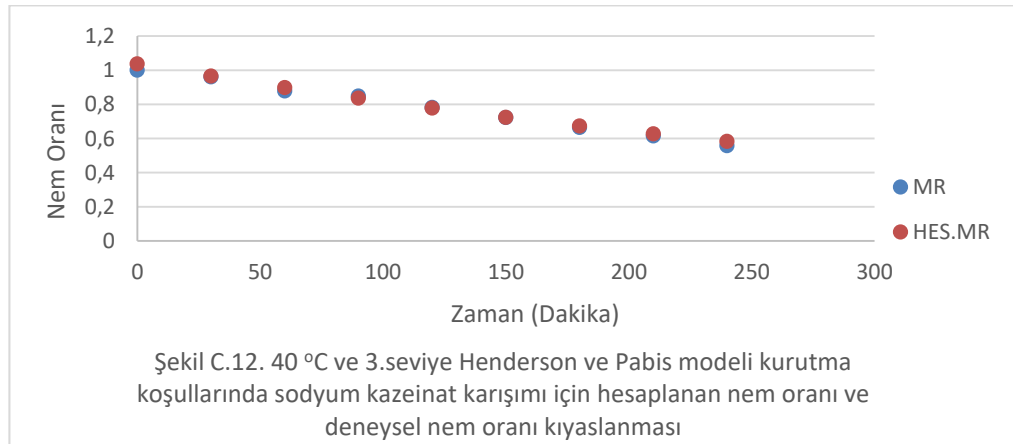
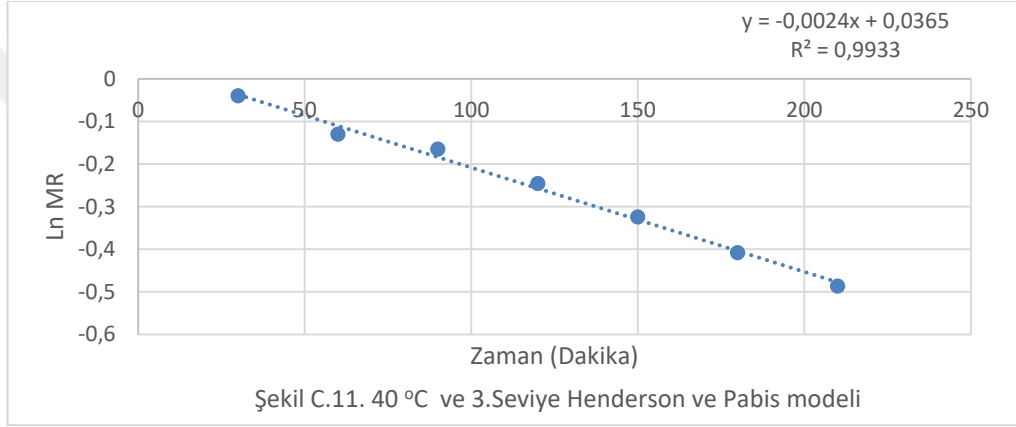
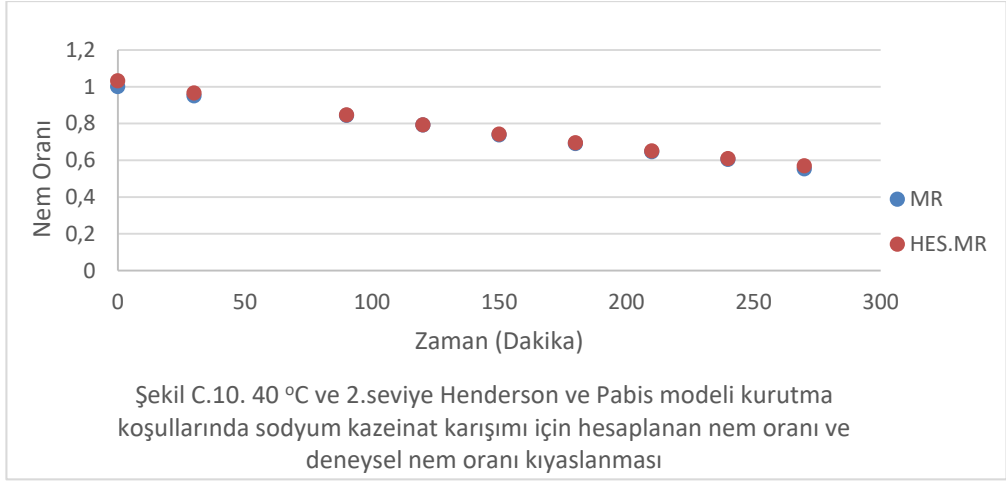
$$12,8916 \times 100 \text{ ml} = 1289,16 (\mu\text{g/100ml})$$

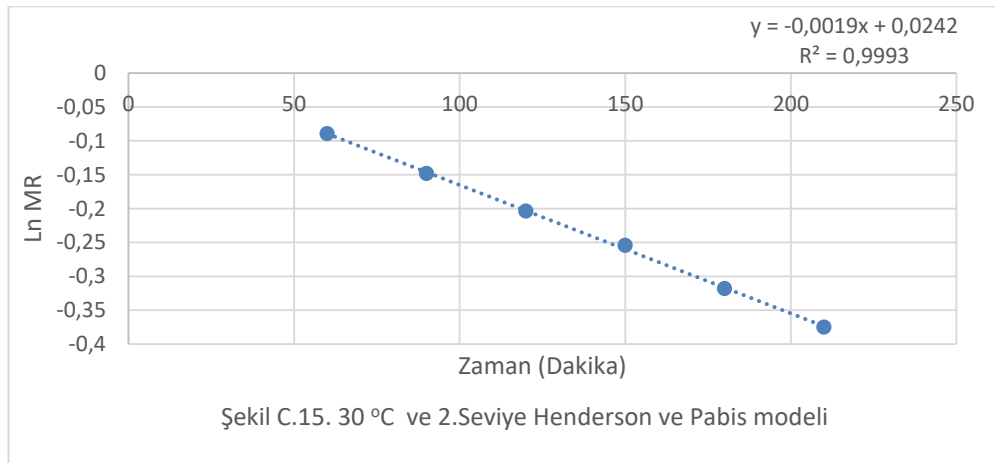
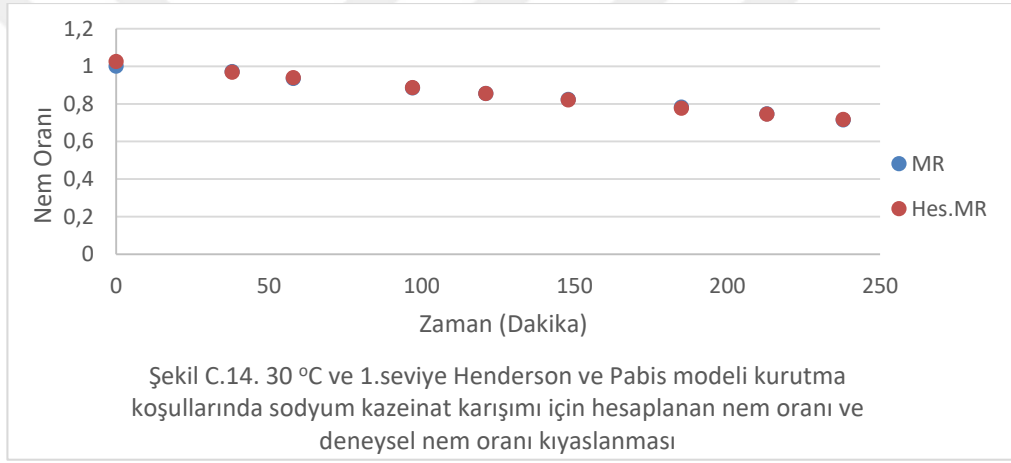
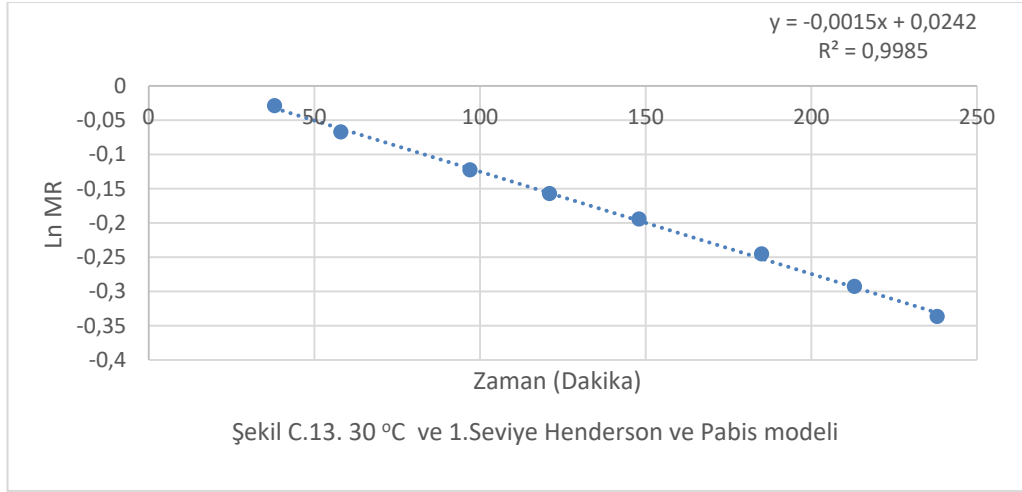
EK-C Kurutma modellerine ait şekil ve ANOVA Çizelgeleri

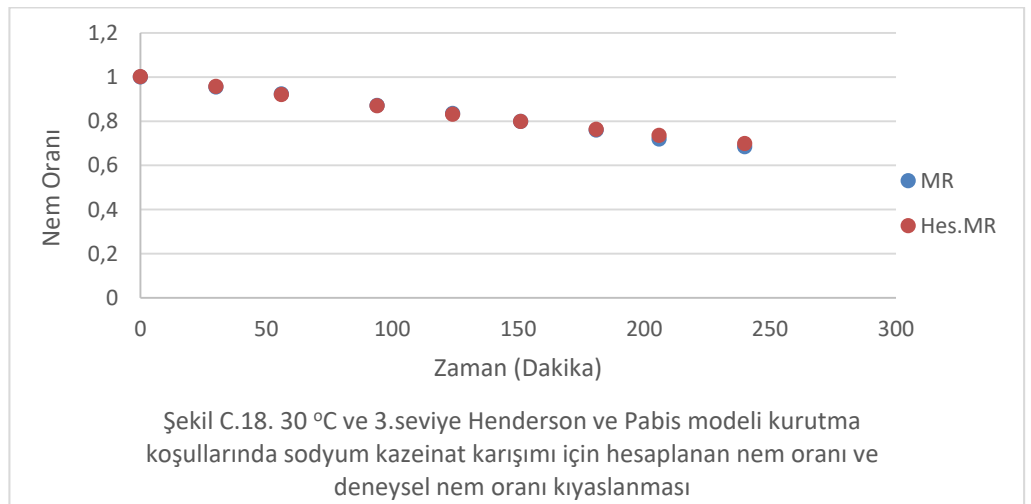
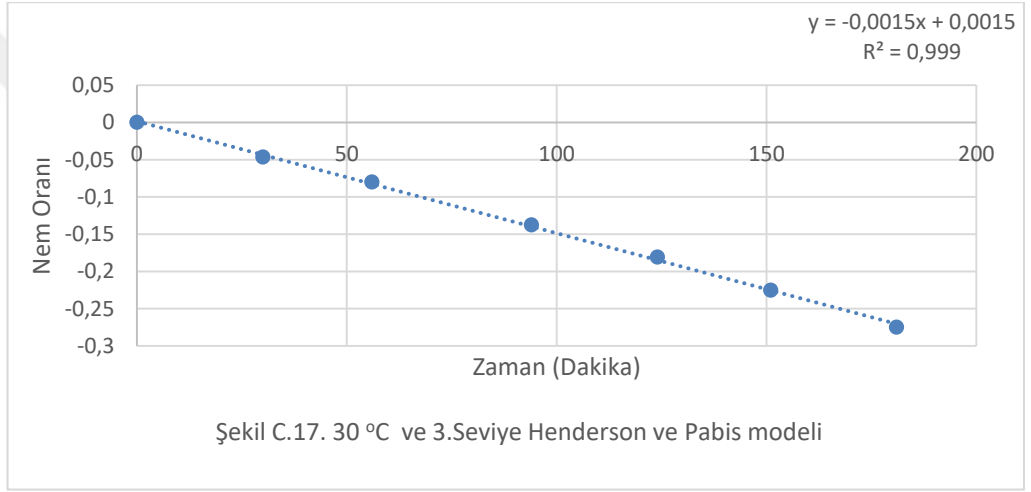
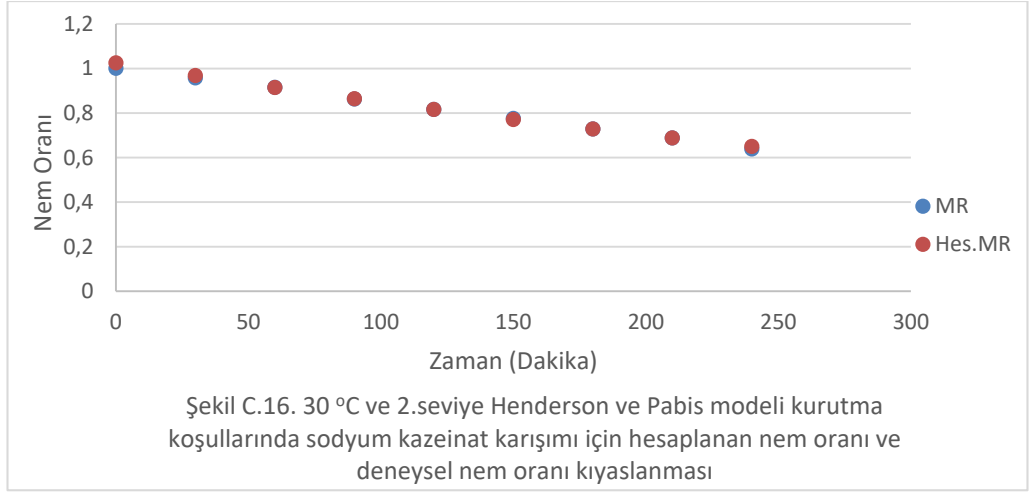


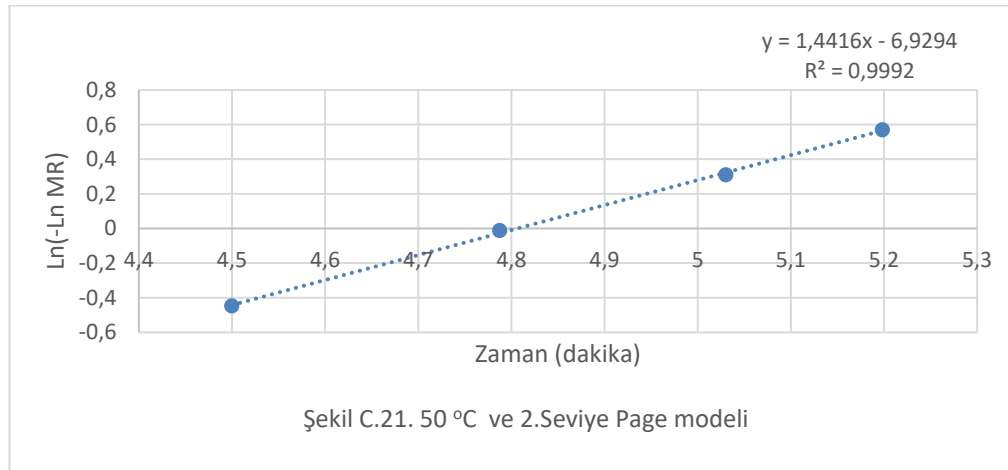
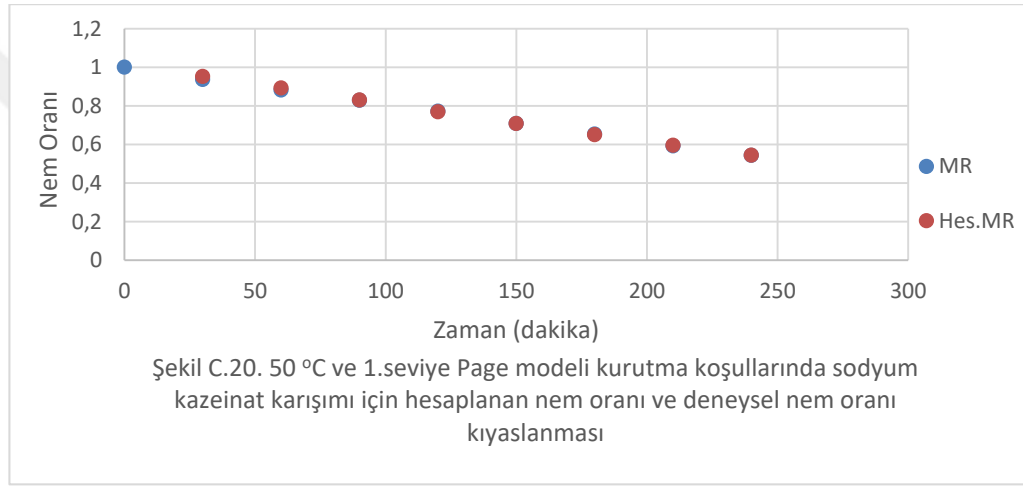
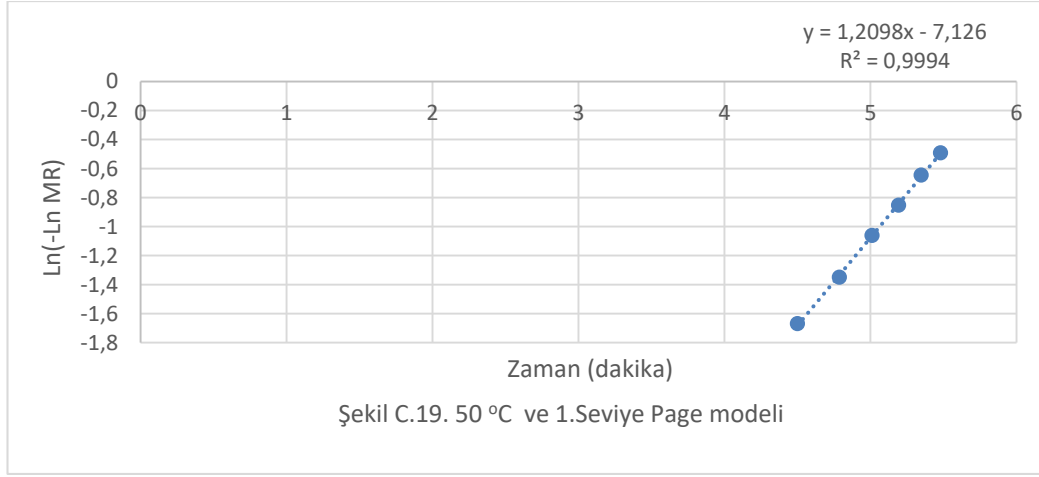


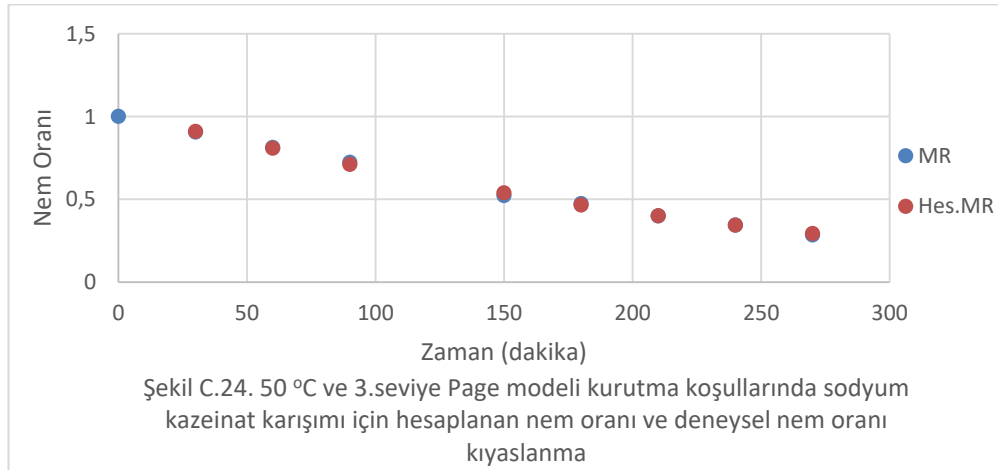
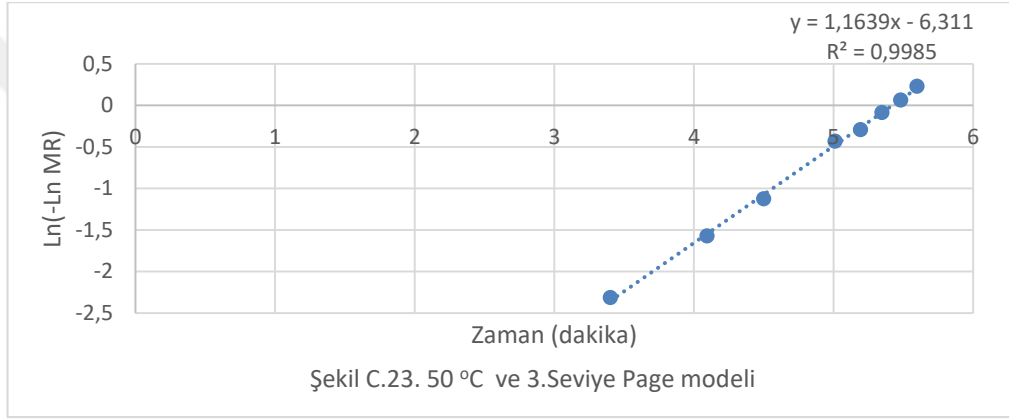
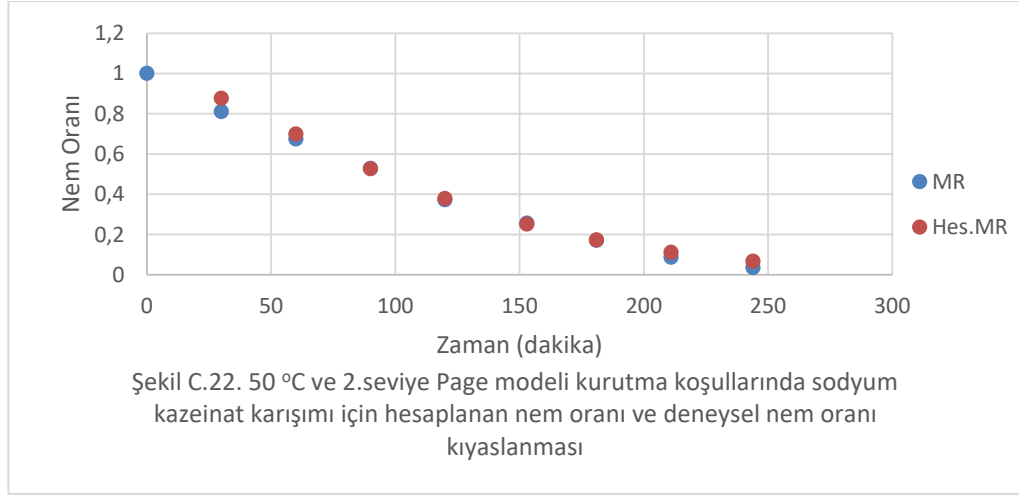


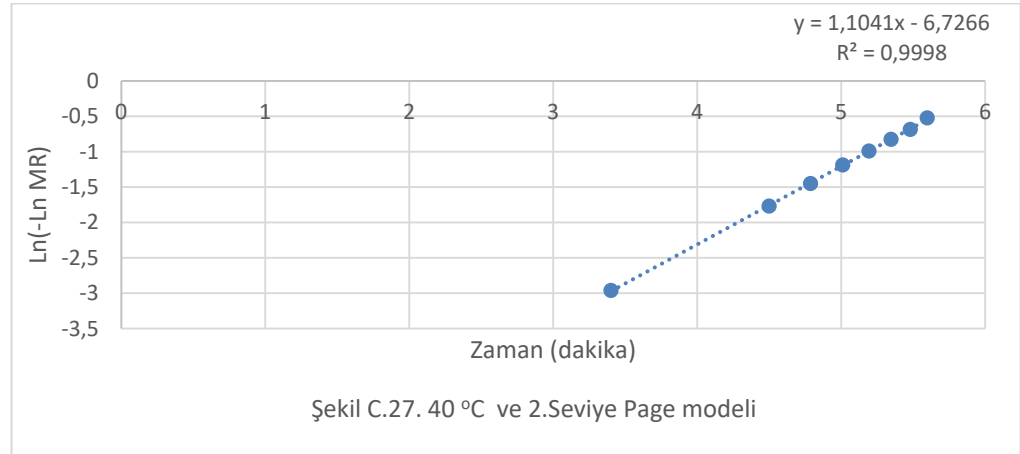
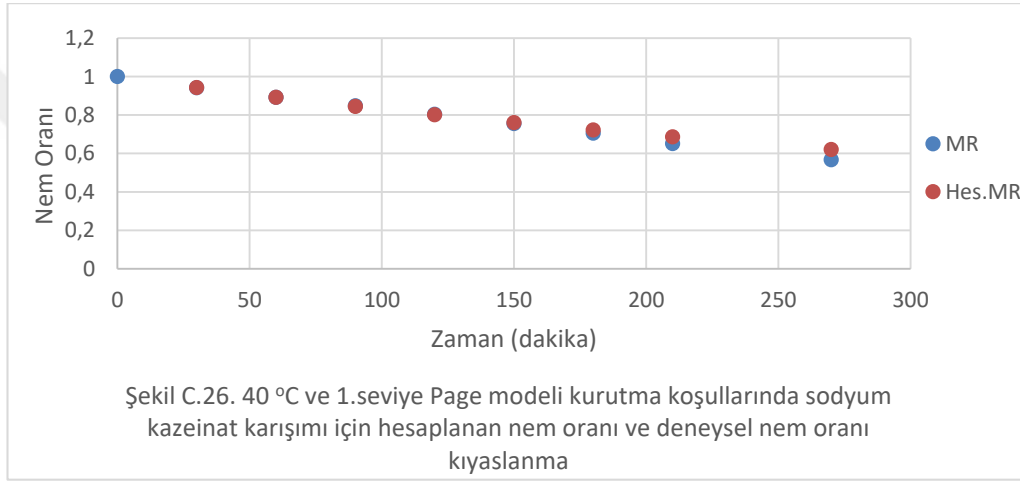
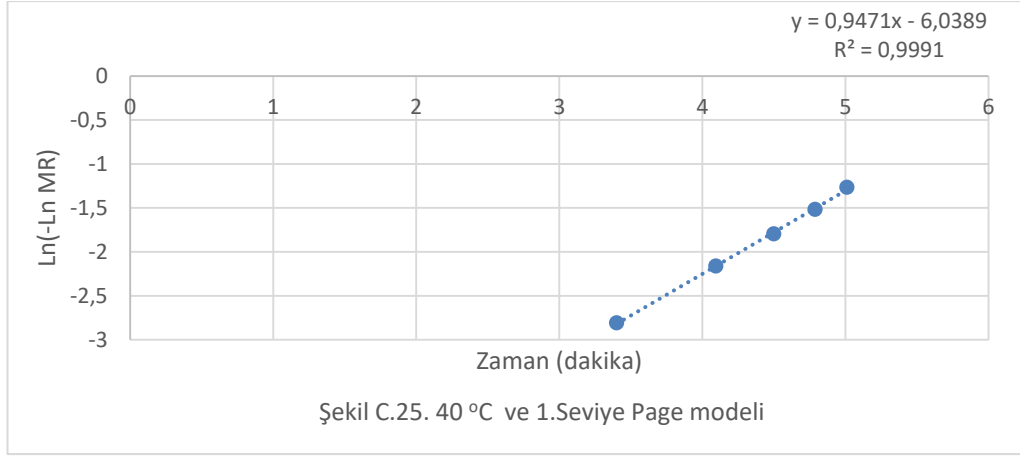


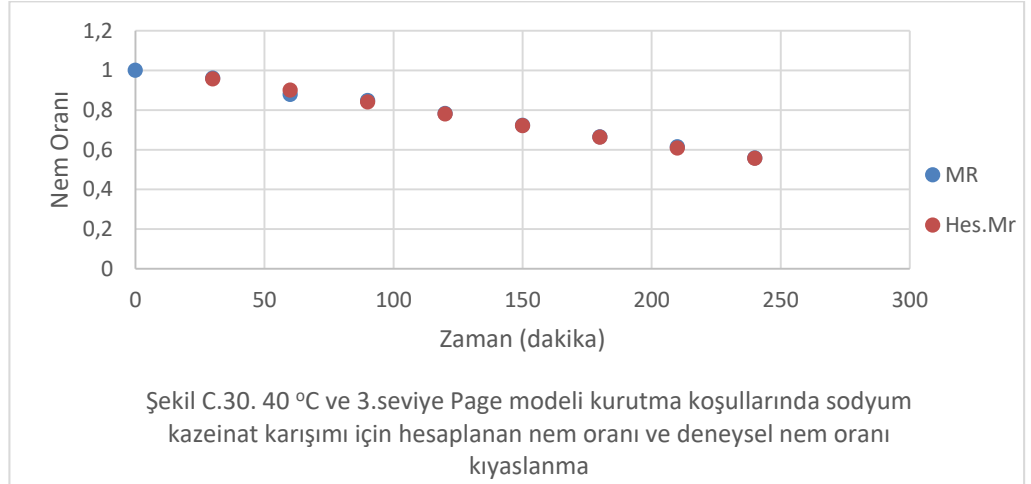
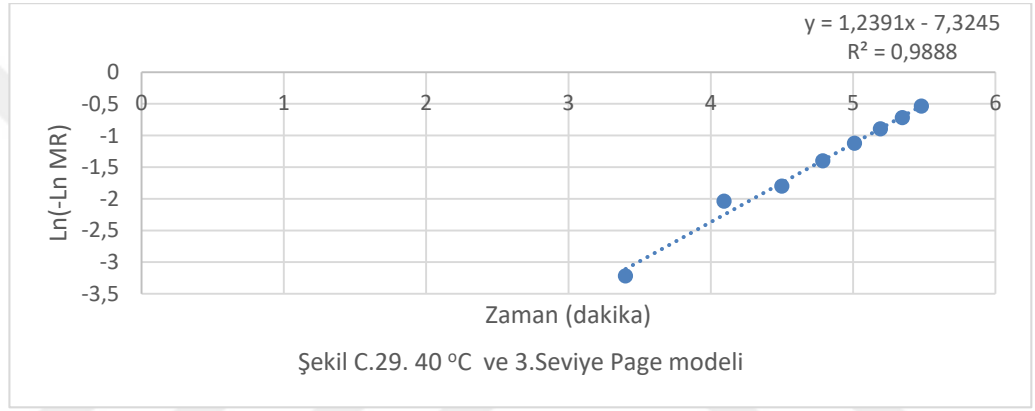
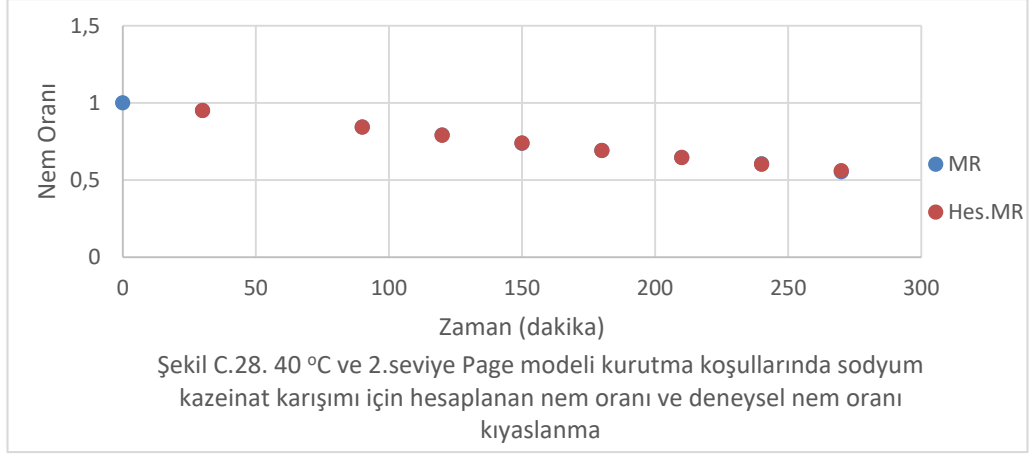


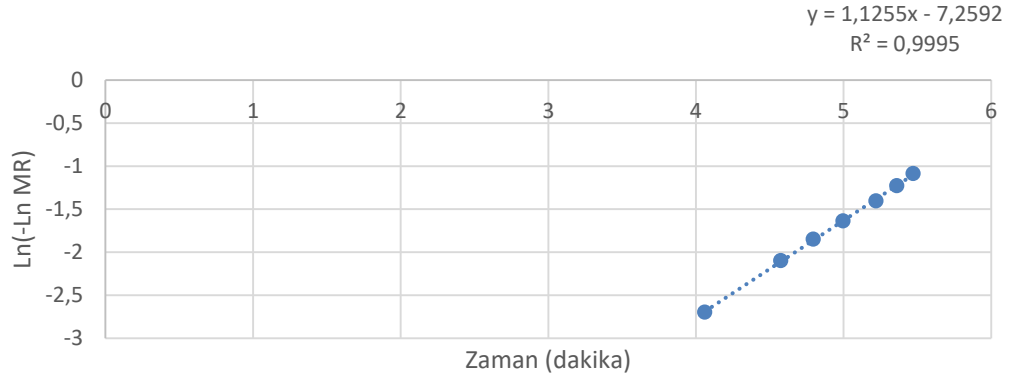




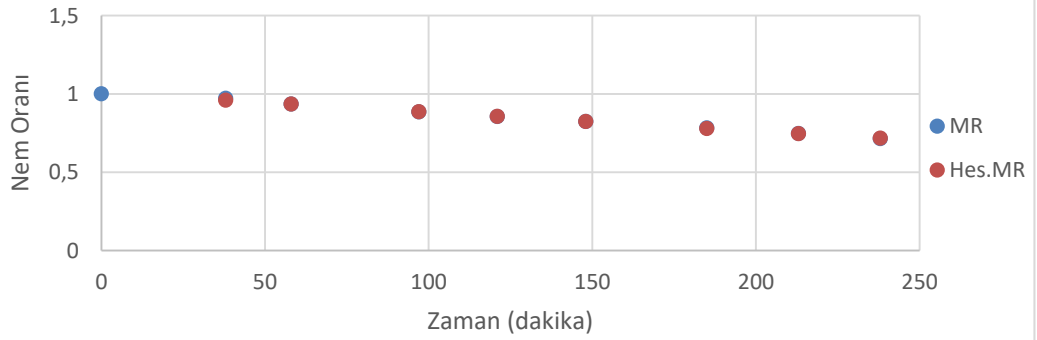








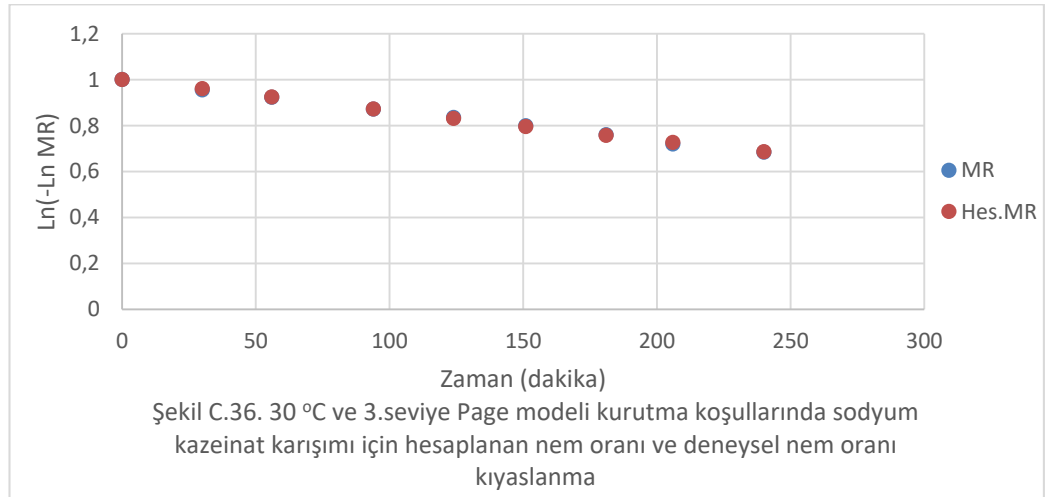
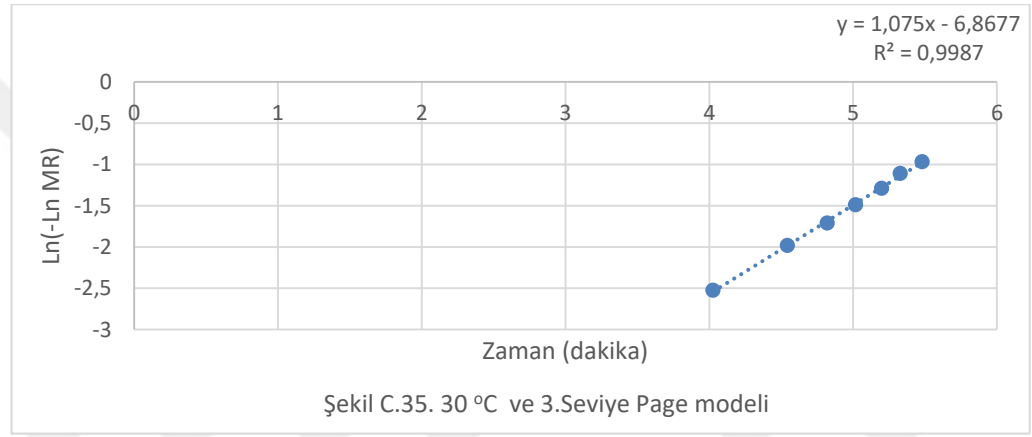
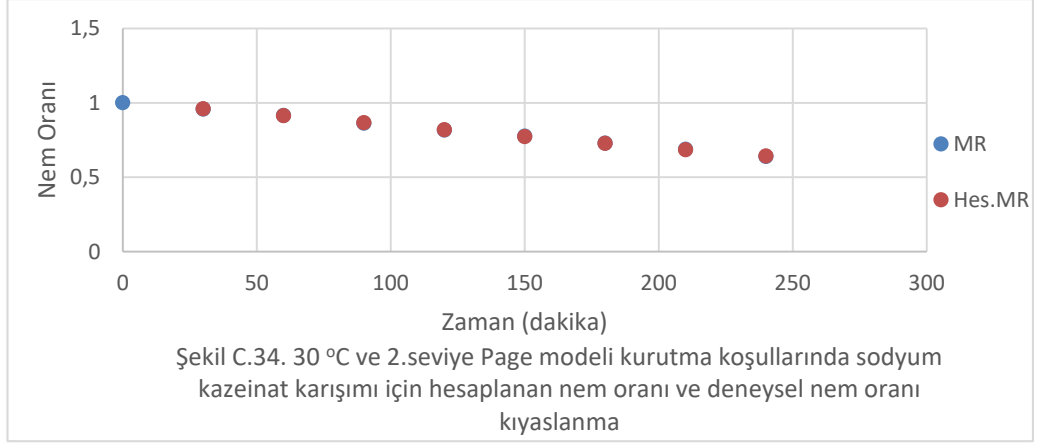
Şekil C.31. 30 °C ve 1.Seviye Page modeli

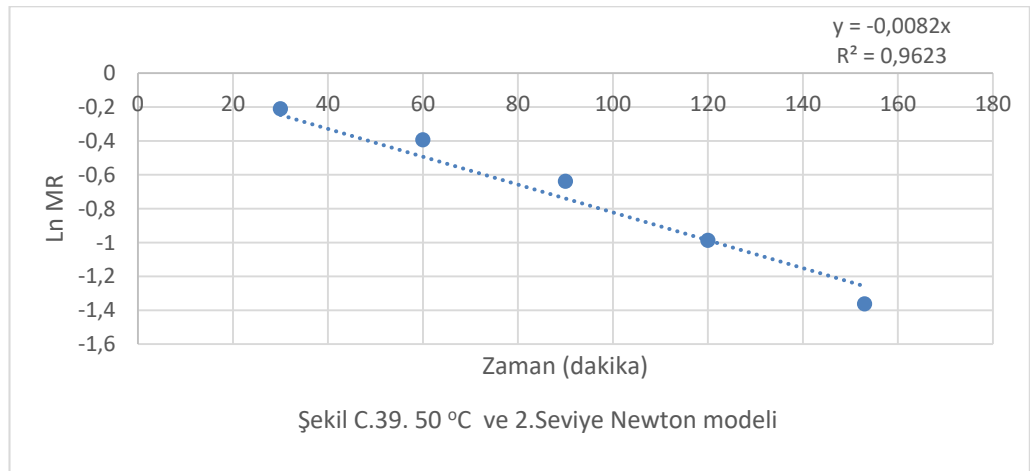
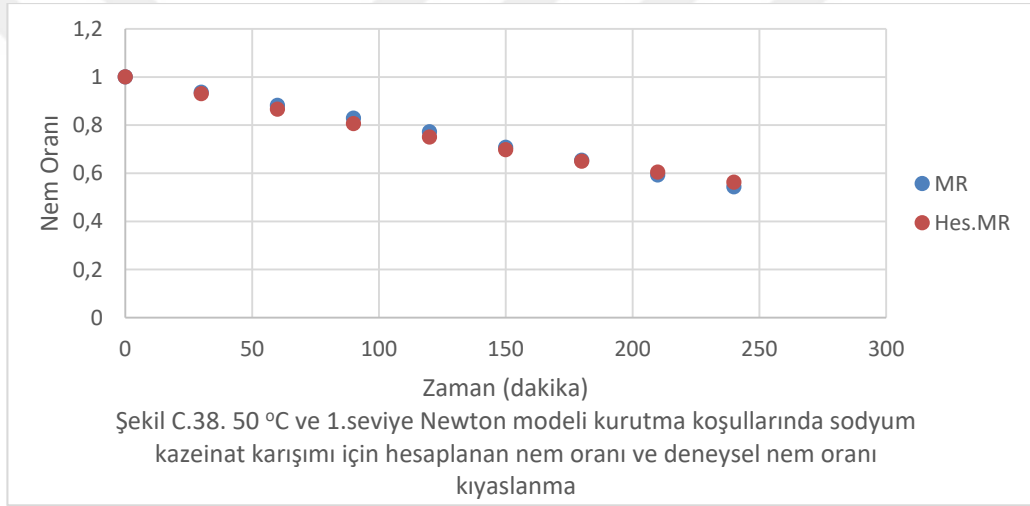
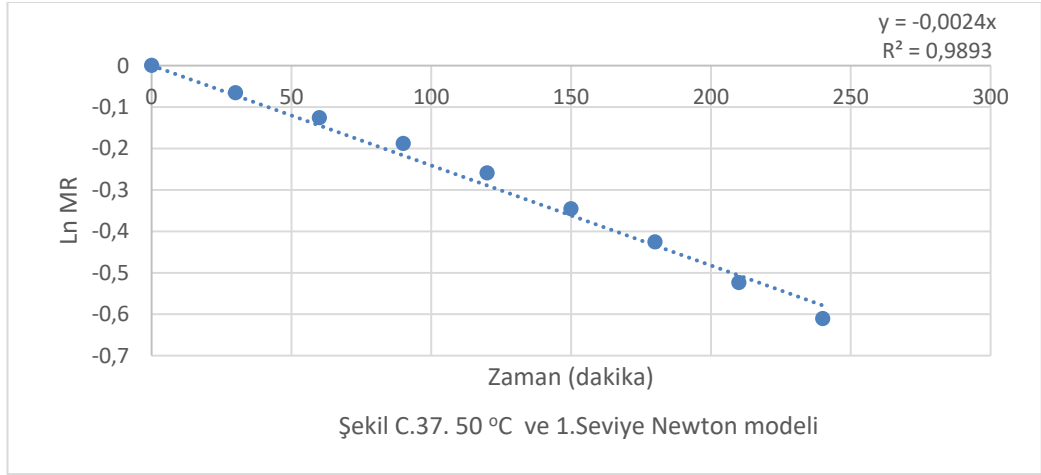


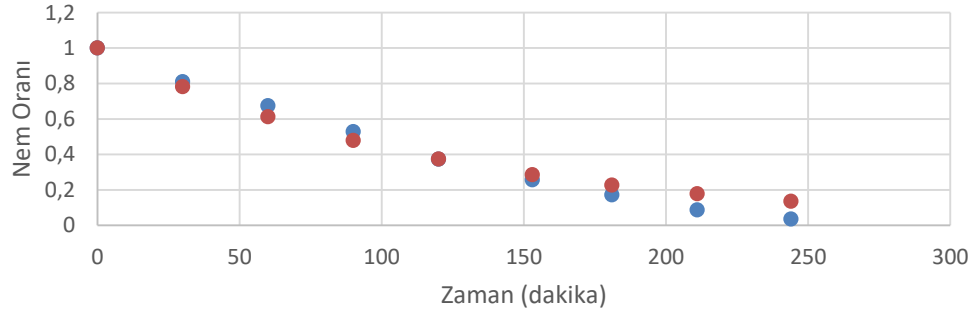
Şekil C.32. 30 °C ve 1.seviye Page modeli kurutma koşullarında sodyum kazeinat karışımı için hesaplanan nem oranı ve deneysel nem oranı kıyaslanma



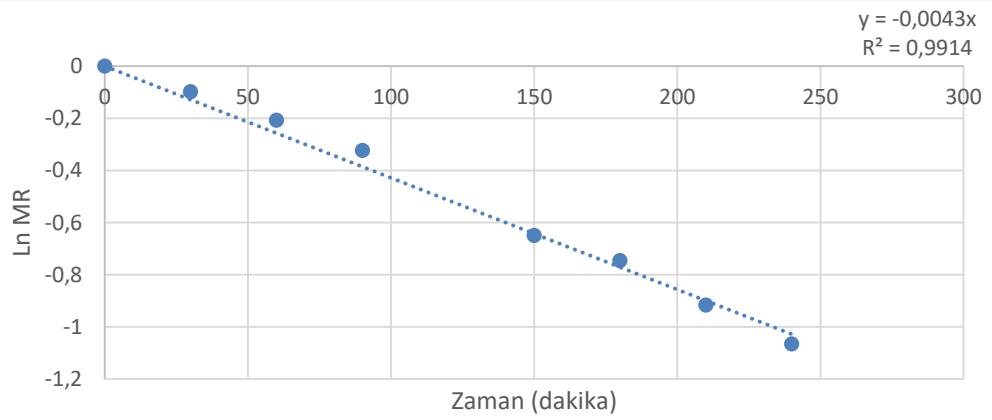
Şekil C.33. 30 °C ve 2.Seviye Page modeli



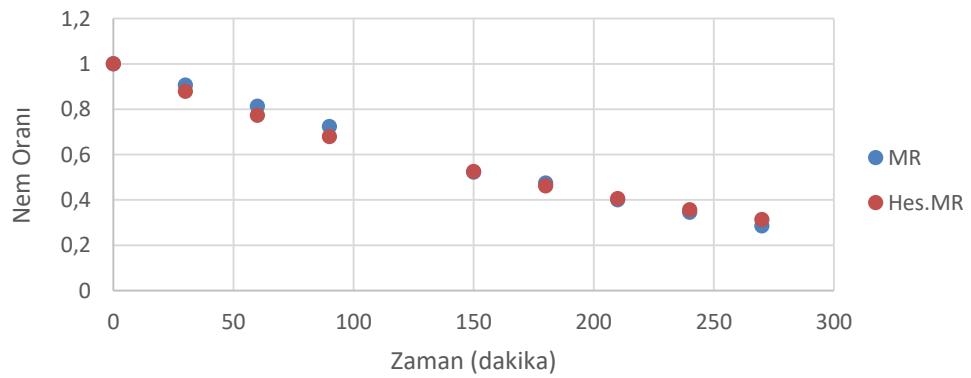




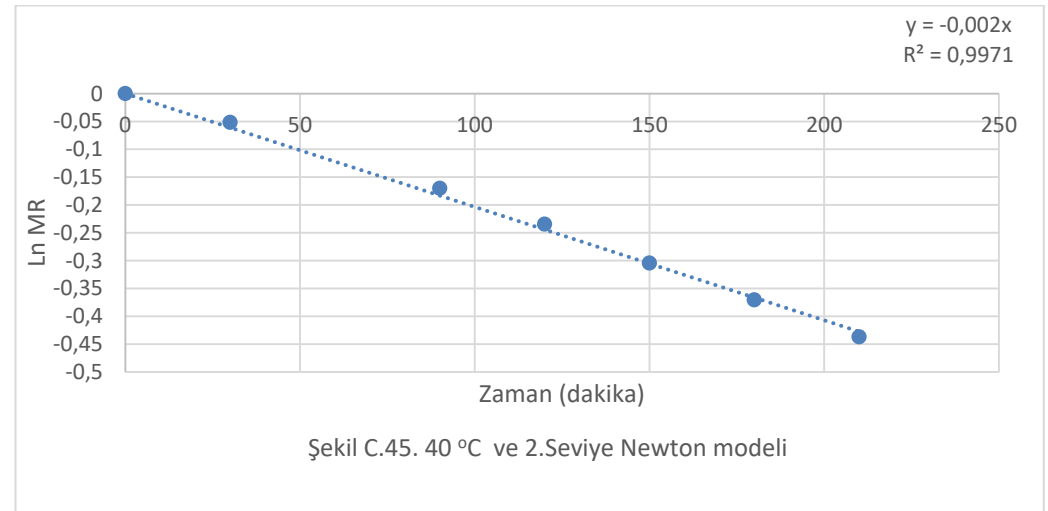
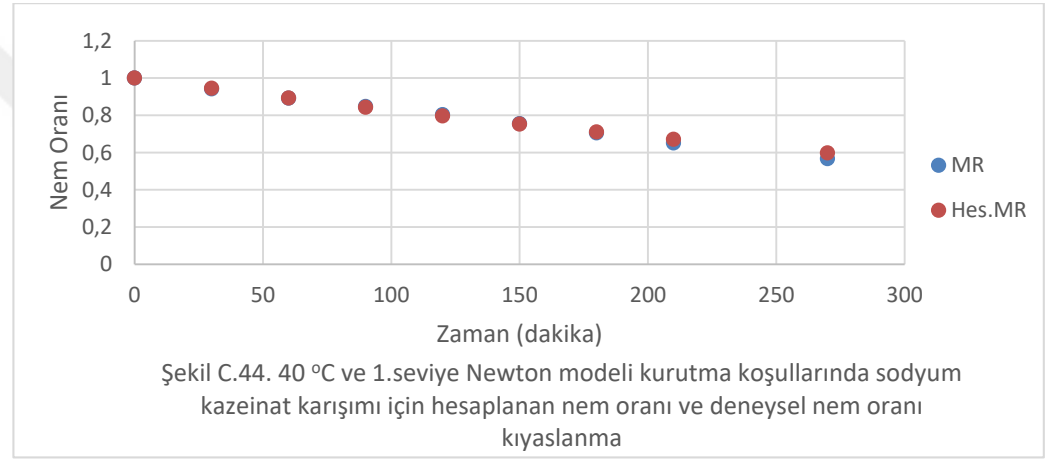
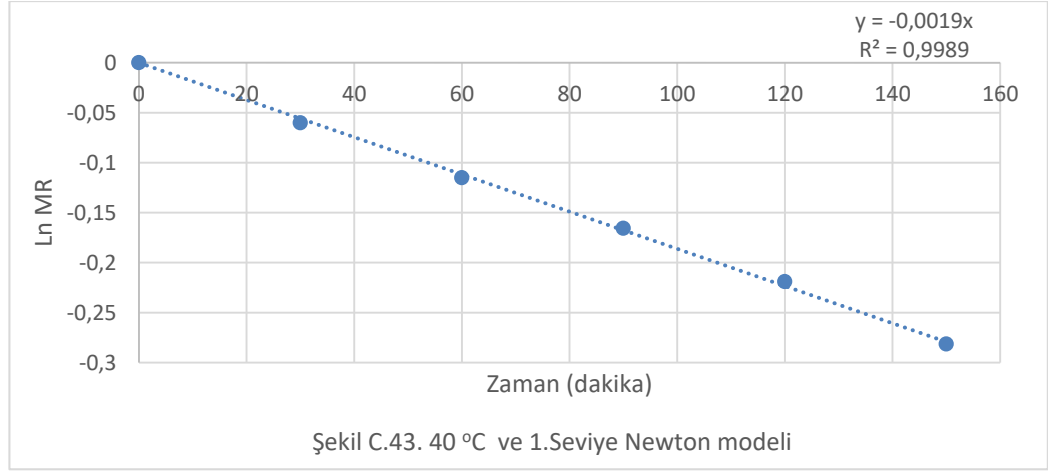
Şekil C.40. 50 °C ve 2.seviye Newton modeli kurutma koşullarında sodyum kazeinat karışımı için hesaplanan nem oranı ve deneysel nem oranı kıyaslanma

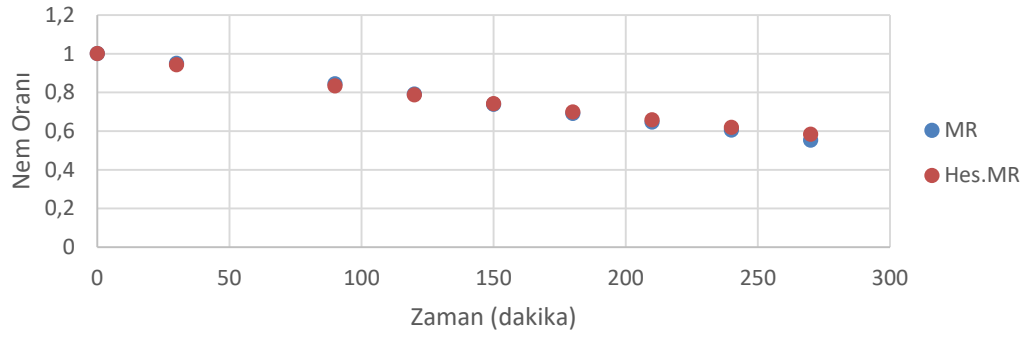


Şekil C.41. 50 °C ve 3.Seviye Newton modeli

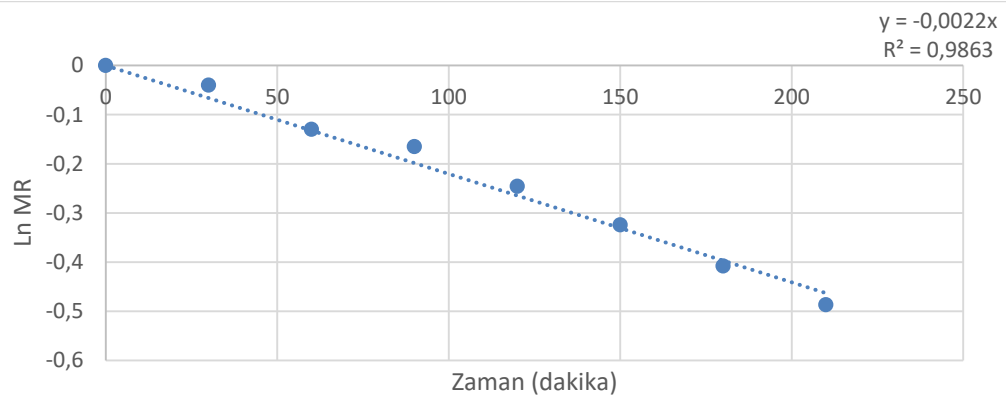


Şekil C.42. 50 °C ve 3.seviye Newton modeli kurutma koşullarında sodyum kazeinat karışımı için hesaplanan nem oranı ve deneysel nem oranı kıyaslanma

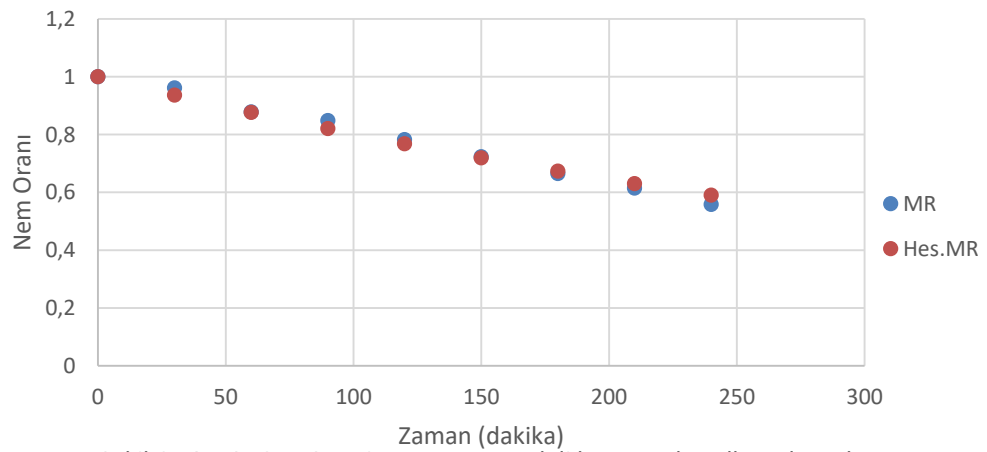




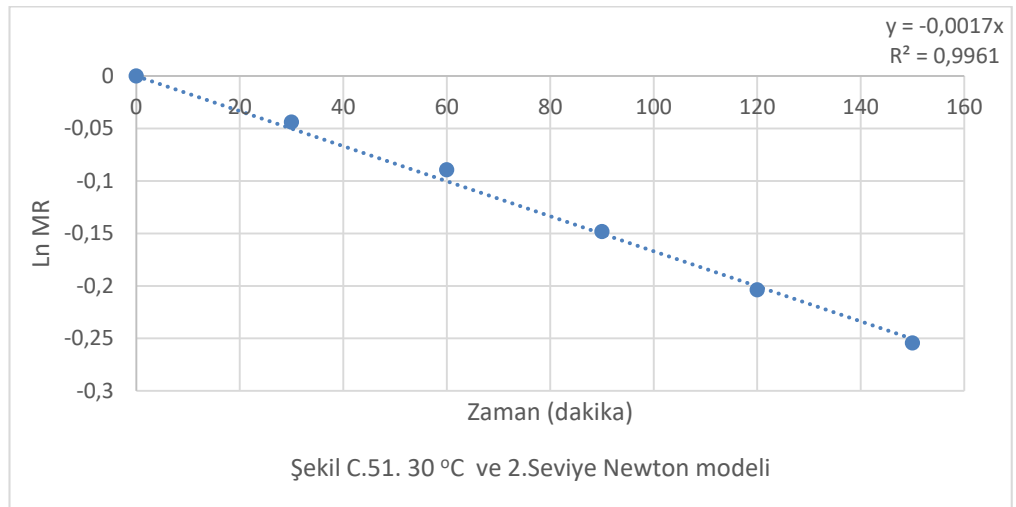
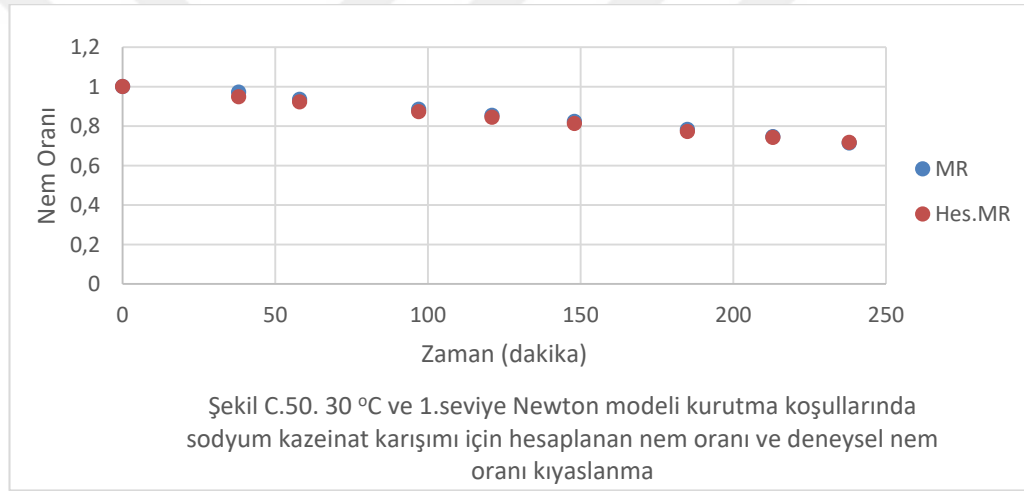
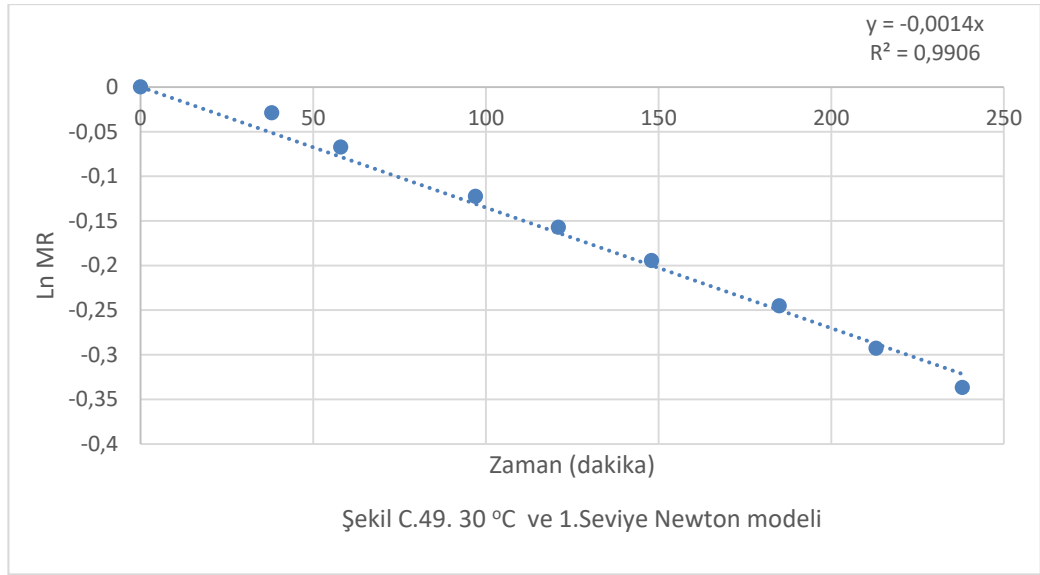
Şekil C.46. 40 °C ve 2.seviye Newton modeli kurutma koşullarında sodyum kazeinat karışımı için hesaplanan nem oranı ve deneysel nem oranı kıyaslanma

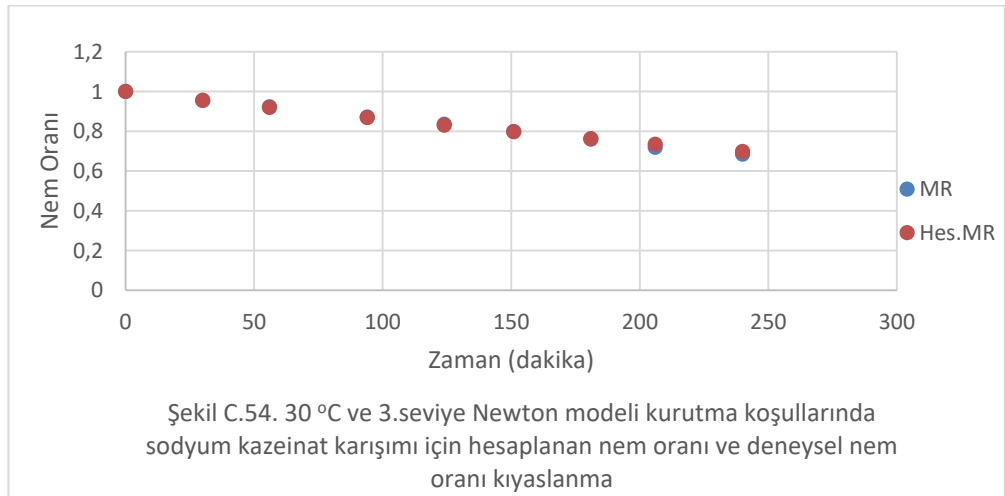
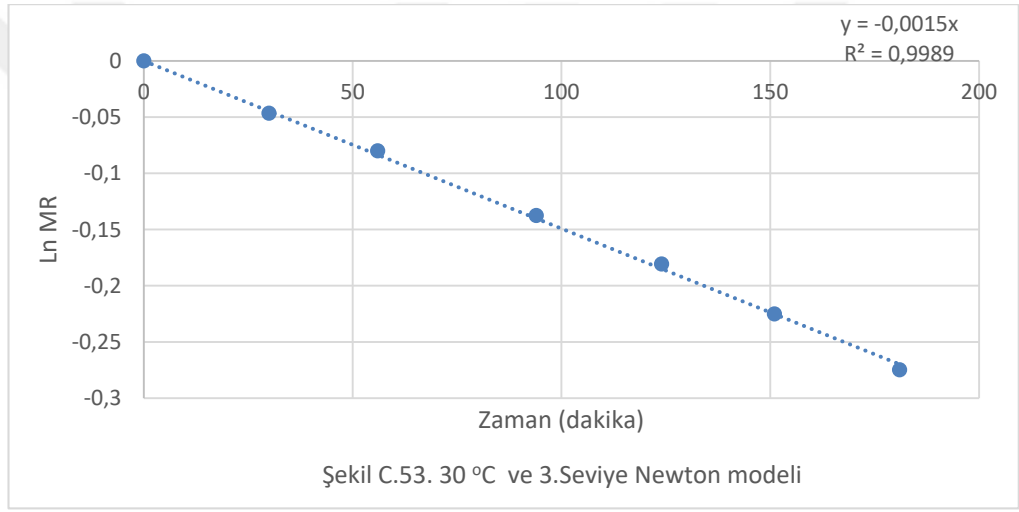
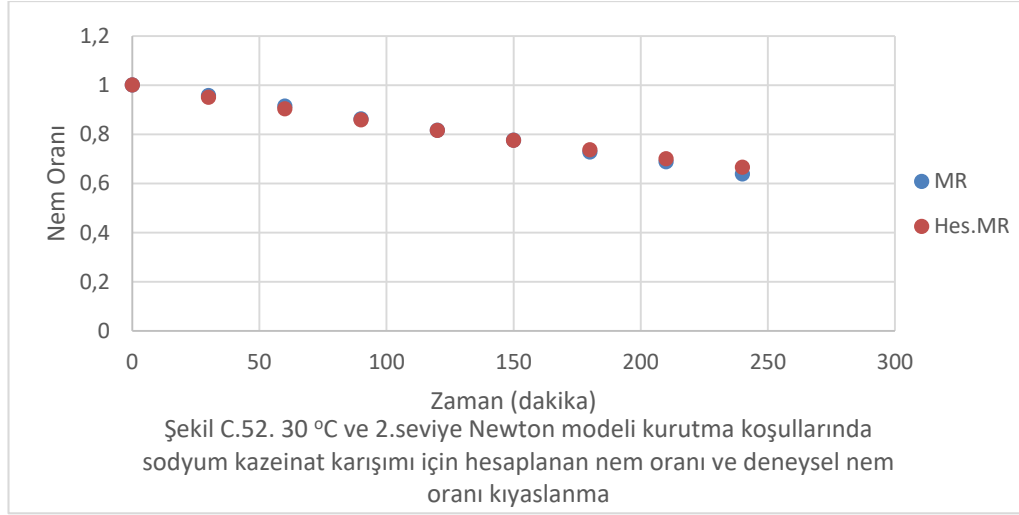


Şekil C.47. 40 °C ve 3.Seviye Newton modeli



Şekil C.48. 40 °C ve 3.seviye Newton modeli kurutma koşullarında sodyum kazeinat karışımı için hesaplanan nem oranı ve deneysel nem oranı kıyaslanma





Çizelge C.1. Kübik modele ait ANOVA verileri (ZET çözünme süresi)

ANOVA for Response Surface Cubic model (Aliased)						
Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]						
	Sum of		Mean	F	p-value	
Source	Squares	df	Square	Value	Prob > F	
Model	93636,25	12	7803,02	383,64	0,0026	significant
A-A	22473,01	1	22473,01	1104,90	0,0009	
B-B	369,99	1	369,99	18,19	0,0508	
C-C	319,16	1	319,16	15,69	0,0582	
AB	16150,60	1	16150,60	794,05	0,0013	
AC	4,49	1	4,49	0,22	0,6846	
BC	567,15	1	567,15	27,88	0,0340	
A ²	14570,76	1	14570,76	716,38	0,0014	
B ²	329,50	1	329,50	16,20	0,0565	
C ²	22,18	1	22,18	1,09	0,4060	
ABC	0,000	0				
A ² B	6571,16	1	6571,16	323,08	0,0031	
A ² C	17,67	1	17,67	0,87	0,4497	
AB ²	15,76	1	15,76	0,78	0,4715	
AC ²	0,000	0				
B ² C	0,000	0				
BC ²	0,000	0				
A ³	0,000	0				
B ³	0,000	0				
C ³	0,000	0				
Pure Error	40,68	2	20,34			
Cor Total	93676,93	14				

Çizelge C.2. Kuadratik modele ait ANOVA verileri (ZET çözünme süresi)

ANOVA for Response Surface Quadratic model						
Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]						
	Sum of		Mean	F	p-value	
Source	Squares	df	Square	Value	Prob > F	
Model	87031,65	9	9670,18	7,28	0,0208	significant
A-A	43278,29	1	43278,29	32,56	0,0023	
B-B	11721,34	1	11721,34	8,82	0,0312	
C-C	443,57	1	443,57	0,33	0,5885	
AB	16150,60	1	16150,60	12,15	0,0175	
AC	4,49	1	4,49	3,382E-003	0,9559	
BC	567,15	1	567,15	0,43	0,5424	
A ²	14570,76	1	14570,76	10,96	0,0212	
B ²	329,50	1	329,50	0,25	0,6397	
C ²	22,18	1	22,18	0,017	0,9023	
Residual	6645,28	5	1329,06			
Lack of Fit	6604,60	3	2201,53	108,24	0,0092	significant
Pure Error	40,68	2	20,34			
Cor Total	93676,93	14				

Çizelge C.3. Linear modele ait ANOVA verileri (ZET fenolik miktarı)

ANOVA for Response Surface Linear model						
Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]						
	Sum of		Mean	F	p-value	
Source	Squares	df	Square	Value	Prob > F	
Model	9,485E+005	3	3,162E+005	4,88	0,0214	significant
A-A	8,628E+005	1	8,628E+005	13,33	0,0038	
B-B	67337,16	1	67337,16	1,04	0,3297	
C-C	18321,77	1	18321,77	0,28	0,6053	
Residual	7,121E+005	11	64739,31			
Lack of Fit	7,119E+005	9	79100,76	701,27	0,0014	significant
Pure Error	225,59	2	112,80			
Cor Total	1,661E+006	14				

Çizelge C.4. Kuadratik modele ait ANOVA verileri (ZET fenolik miktarı)

ANOVA for Response Surface Quadratic model						
Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]						
	Sum of		Mean	F	p-value	
Source	Squares	df	Square	Value	Prob > F	
Model	1,415E+006	9	1,572E+005	3,20	0,1064	not significant
A-A	8,628E+005	1	8,628E+005	17,58	0,0086	
B-B	67337,16	1	67337,16	1,37	0,2943	
C-C	18321,77	1	18321,77	0,37	0,5679	
AB	1,220E+005	1	1,220E+005	2,48	0,1758	
AC	7586,41	1	7586,41	0,15	0,7104	
BC	3994,87	1	3994,87	0,081	0,7869	
A ²	1807,44	1	1807,44	0,037	0,8554	
B ²	3324,74	1	3324,74	0,068	0,8050	
C ²	3,252E+005	1	3,252E+005	6,63	0,0498	
Residual	2,454E+005	5	49087,90			
Lack of Fit	2,452E+005	3	81737,96	724,65	0,0014	significant
Pure Error	225,59	2	112,80			
Cor Total	1,661E+006	14				

Çizelge C.5. Kübik modele ait ANOVA verileri (ZET fenolik miktarı)

ANOVA for Response Surface Cubic model (Aliased)						
Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]						
	Sum of		Mean	F	p-value	
Source	Squares	df	Square	Value	Prob > F	
Model	1,660E+006	12	1,384E+005	1226,67	0,0008	significant
A-A	7,376E+005	1	7,376E+005	6539,53	0,0002	
B-B	10127,40	1	10127,40	89,78	0,0110	
C-C	3994,87	1	3994,87	35,42	0,0271	
AB	1,220E+005	1	1,220E+005	1081,40	0,0009	
AC	7586,41	1	7586,41	67,26	0,0145	
BC	3994,87	1	3994,87	35,42	0,0271	
A ²	1807,44	1	1807,44	16,02	0,0571	
B ²	3324,74	1	3324,74	29,48	0,0323	
C ²	3,252E+005	1	3,252E+005	2883,26	0,0003	
ABC	0,000	0				
A ² B	1,615E+005	1	1,615E+005	1431,37	0,0007	
A ² C	2113,48	1	2113,48	18,74	0,0494	
AB ²	81646,38	1	81646,38	723,83	0,0014	
AC ²	0,000	0				
B ² C	0,000	0				
BC ²	0,000	0				
A ³	0,000	0				
B ³	0,000	0				
C ³	0,000	0				
Pure Error	225,59	2	112,80			
Cor Total	1,661E+006	14				

Çizelge C.6. Kuadratik modele ait ANOVA verileri (TET çözünme süresi)

ANOVA for Response Surface Quadratic model						
Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]						
	Sum of		Mean	F	p-value	
Source	Squares	df	Square	Value	Prob > F	
Model	2,697E+006	9	2,997E+005	5,87	0,0328	significant
A-A	1,898E+005	1	1,898E+005	3,72	0,1118	
B-B	54927,89	1	54927,89	1,08	0,3472	
C-C	1,195E+005	1	1,195E+005	2,34	0,1866	
AB	94710,06	1	94710,06	1,86	0,2313	
AC	1357,19	1	1357,19	0,027	0,8769	
BC	26242,38	1	26242,38	0,51	0,5055	
A ²	1,391E+006	1	1,391E+006	27,25	0,0034	
B ²	7,752E+005	1	7,752E+005	15,18	0,0114	
C ²	3,393E+005	1	3,393E+005	6,65	0,0495	
Residual	2,553E+005	5	51053,18			
Lack of Fit	2,552E+005	3	85074,17	3923,56	0,0003	significant
Pure Error	43,37	2	21,68			
Cor Total	2,952E+006	14				

Çizelge C.7. Kübik modele ait ANOVA verileri (TET çözünme süresi)

ANOVA for Response Surface Cubic model (Aliased)						
Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]						
	Sum of		Mean	F	p-value	
Source	Squares	df	Square	Value	Prob > F	
Model	2,952E+006	12	2,460E+005	11345,78	< 0.0001	significant
A-A	1,890E+005	1	1,890E+005	8714,49	0,0001	
B-B	2804,23	1	2804,23	129,33	0,0076	
C-C	2,469E+005	1	2,469E+005	11387,07	< 0.0001	
AB	94710,06	1	94710,06	4367,96	0,0002	
AC	1357,19	1	1357,19	62,59	0,0156	
BC	26242,38	1	26242,38	1210,28	0,0008	
A ²	1,391E+006	1	1,391E+006	64171,50	< 0.0001	
B ²	7,752E+005	1	7,752E+005	35749,45	< 0.0001	
C ²	3,393E+005	1	3,393E+005	15649,20	< 0.0001	
ABC	0,000	0				
A ² B	95639,70	1	95639,70	4410,84	0,0002	
A ² C	1,275E+005	1	1,275E+005	5880,67	0,0002	
AB ²	32072,85	1	32072,85	1479,18	0,0007	
AC ²	0,000	0				
B ² C	0,000	0				
BC ²	0,000	0				
A ³	0,000	0				
B ³	0,000	0				
C ³	0,000	0				
Pure Error	43,37	2	21,68			
Cor Total	2,952E+006	14				

Çizelge C.8. Kübik modele ait ANOVA verileri (TET fenolik miktarı)

ANOVA for Response Surface Cubic model (Aliased)						
Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]						
	Sum of		Mean	F	p-value	
Source	Squares	df	Square	Value	Prob > F	
Model	1,782E+007	12	1,485E+006	283,84	0,0035	significant
A-A	5,400E+006	1	5,400E+006	1031,93	0,0010	
B-B	1,379E+005	1	1,379E+005	26,36	0,0359	
C-C	1,754E+006	1	1,754E+006	335,21	0,0030	
AB	1,907E+005	1	1,907E+005	36,44	0,0264	
AC	2,004E+006	1	2,004E+006	383,06	0,0026	
BC	2,632E+005	1	2,632E+005	50,30	0,0193	
A ²	5,144E+005	1	5,144E+005	98,31	0,0100	
B ²	48639,00	1	48639,00	9,30	0,0928	
C ²	8,456E+005	1	8,456E+005	161,60	0,0061	
ABC	0,000	0				
A ² B	6229,40	1	6229,40	1,19	0,3892	
A ² C	4,803E+006	1	4,803E+006	917,78	0,0011	
AB ²	1,485E+005	1	1,485E+005	28,39	0,0335	
AC ²	0,000	0				
B ² C	0,000	0				
BC ²	0,000	0				
A ³	0,000	0				
B ³	0,000	0				
C ³	0,000	0				
Pure Error	10465,59	2	5232,79			
Cor Total	1,783E+007	14				

Çizelge C.9. Kuadratik modele ait ANOVA verileri (TET fenolik miktarı)

ANOVA for Response Surface Quadratic model						
Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]						
	Sum of		Mean	F	p-value	
Source	Squares	df	Square	Value	Prob > F	
Model	1,287E+007	9	1,430E+006	1,44	0,3595	not significant
A-A	8,415E+006	1	8,415E+006	8,47	0,0334	
B-B	3,650E+005	1	3,650E+005	0,37	0,5709	
C-C	1,014E+005	1	1,014E+005	0,10	0,7623	
AB	1,907E+005	1	1,907E+005	0,19	0,6796	
AC	2,004E+006	1	2,004E+006	2,02	0,2147	
BC	2,632E+005	1	2,632E+005	0,26	0,6287	
A ²	5,144E+005	1	5,144E+005	0,52	0,5040	
B ²	48639,00	1	48639,00	0,049	0,8336	
C ²	8,456E+005	1	8,456E+005	0,85	0,3986	
Residual	4,968E+006	5	9,936E+005			
Lack of Fit	4,957E+006	3	1,652E+006	315,79	0,0032	significant
Pure Error	10465,59	2	5232,79			
Cor Total	1,783E+007	14				

Çizelge C.10. Kübik modele ait ANOVA verileri (NKET çözünme süresi)

ANOVA for Response Surface Cubic model (Aliased)						
Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]						
	Sum of		Mean	F	p-value	
Source	Squares	df	Square	Value	Prob > F	
Model	6,269E+005	12	52245,31	266,56	0,0037	significant
A-A	1,923E+005	1	1,923E+005	981,03	0,0010	
B-B	72900,00	1	72900,00	371,94	0,0027	
C-C	2025,00	1	2025,00	10,33	0,0847	
AB	4692,25	1	4692,25	23,94	0,0393	
AC	380,25	1	380,25	1,94	0,2983	
BC	900,00	1	900,00	4,59	0,1654	
A ²	1,767E+005	1	1,767E+005	901,44	0,0011	
B ²	5331,69	1	5331,69	27,20	0,0349	
C ²	84746,77	1	84746,77	432,38	0,0023	
ABC	0,000	0				
A ² B	81003,13	1	81003,13	413,28	0,0024	
A ² C	5995,13	1	5995,13	30,59	0,0312	
AB ²	25088,00	1	25088,00	128,00	0,0077	
AC ²	0,000	0				
B ² C	0,000	0				
BC ²	0,000	0				
A ³	0,000	0				
B ³	0,000	0				
C ³	0,000	0				
Pure Error	392,00	2	196,00			
Cor Total	6,273E+005	14				

Çizelge C.11. Kuadratik modele ait ANOVA verileri (NKET çözünme süresi)

ANOVA for Response Surface Quadratic model						
Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]						
	Sum of		Mean	F	p-value	
Source	Squares	df	Square	Value	Prob > F	
Model	5,149E+005	9	57206,39	2,54	0,1583	not significant
A-A	2,132E+005	1	2,132E+005	9,48	0,0275	
B-B	9453,13	1	9453,13	0,42	0,5454	
C-C	190,13	1	190,13	8,452E-003	0,9303	
AB	4692,25	1	4692,25	0,21	0,6670	
AC	380,25	1	380,25	0,017	0,9016	
BC	900,00	1	900,00	0,040	0,8493	
A ²	1,767E+005	1	1,767E+005	7,85	0,0379	
B ²	5331,69	1	5331,69	0,24	0,6470	
C ²	84746,77	1	84746,77	3,77	0,1099	
Residual	1,125E+005	5	22495,65			
Lack of Fit	1,121E+005	3	37362,08	190,62	0,0052	significant
Pure Error	392,00	2	196,00			
Cor Total	6,273E+005	14				

Çizelge C.12. Kübik modele ait ANOVA verileri (NKET fenolik miktarı)

ANOVA for Response Surface Cubic model (Aliased)						
Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]						
	Sum of		Mean	F	p-value	
Source	Squares	df	Square	Value	Prob > F	
Model	2,544E+005	12	21199,47	93,28	0,0107	significant
A-A	53393,58	1	53393,58	234,95	0,0042	
B-B	478,16	1	478,16	2,10	0,2840	
C-C	24378,37	1	24378,37	107,27	0,0092	
AB	3845,30	1	3845,30	16,92	0,0543	
AC	42545,79	1	42545,79	187,22	0,0053	
BC	758,76	1	758,76	3,34	0,2092	
A ²	35652,84	1	35652,84	156,88	0,0063	
B ²	20370,49	1	20370,49	89,64	0,0110	
C ²	16434,36	1	16434,36	72,32	0,0135	
ABC	0,000	0				
A ² B	3302,11	1	3302,11	14,53	0,0624	
A ² C	466,60	1	466,60	2,05	0,2883	
AB ²	51358,86	1	51358,86	226,00	0,0044	
AC ²	0,000	0				
B ² C	0,000	0				
BC ²	0,000	0				
A ³	0,000	0				
B ³	0,000	0				
C ³	0,000	0				
Pure Error	454,51	2	227,25			
Cor Total	2,548E+005	14				

Çizelge C.13. Kuadratik modele ait ANOVA verileri (NKET fenolik miktarı)

ANOVA for Response Surface Quadratic model						
Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]						
	Sum of		Mean	F	p-value	
Source	Squares	df	Square	Value	Prob > F	
Model	1,993E+005	9	22140,68	1,99	0,2318	not significant
A-A	10031,65	1	10031,65	0,90	0,3858	
B-B	7812,50	1	7812,50	0,70	0,4401	
C-C	58762,72	1	58762,72	5,29	0,0698	
AB	3845,30	1	3845,30	0,35	0,5820	
AC	42545,79	1	42545,79	3,83	0,1078	
BC	758,76	1	758,76	0,068	0,8043	
A ²	35652,84	1	35652,84	3,21	0,1333	
B ²	20370,49	1	20370,49	1,83	0,2338	
C ²	16434,36	1	16434,36	1,48	0,2783	
Residual	55582,08	5	11116,42			
Lack of Fit	55127,57	3	18375,86	80,86	0,0122	significant
Pure Error	454,51	2	227,25			
Cor Total	2,548E+005	14				

Çizelge C.14. Referans efervesan tabletlerin analiz sonuçları

Supradyn Efervesan Tablet	
Çözünme süresi (s)	101,41
pH	5,0
Toplam Asitlik (%)	0,48
Viskozite (Pa.s.)	0,000996
Yoğunluk (g/cm ³)	0,994
Kuru Madde Miktarı (g/100ml)	1,53
Şeker (mg/100ml)	365,874
Fenolik Miktarı (µg/100ml)	3881,201
Liftoff Efervesan Tablet	
Çözünme süresi (s)	108,62
pH	4,13
Toplam Asitlik (%)	0,85
Viskozite (Pa.s.)	0,000988
Yoğunluk (g/cm ³)	0,9932
Kuru Madde Miktarı (g/100ml)	1,76
Şeker (mg/100ml)	601,142
Fenolik Miktarı (µg/100ml)	3710,836

Ek-D Analiz Raporları

T.C.

SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ

YENİLİKÇİ TEKNOLOJİLER ARAŞTIRMA VE UYGULAMA MERKEZİ

UYGULAMALI TEMEL BİLİMLER VE TEKNOLOJİLERİ ARAŞTIRMA BİRİMİ

ISPARTA

Tel: 0(246) 211 8072

25/11/2021

ŞEKER ANALİZ RAPORU

Sonuçlar ppm olarak verilmektedir.

Numune	Sükroz	Glikoz	Fruktoz
NKET	1370,0	3476,9	30,5
TET	1263,6	1734,1	15,8
ZET	947,6	34,0	*

* tespit edilemedi

HPLC şartları:

SHIMADZU HPLC;

Dedektör: RID 10A

Pump: LC-10ADvp

Degasser: DGU- 14A

Column oven: CTO-10ACvp

Kolon: Benson polymeric BP-800 Ca (300*7,8 mm),Serial No. 30528

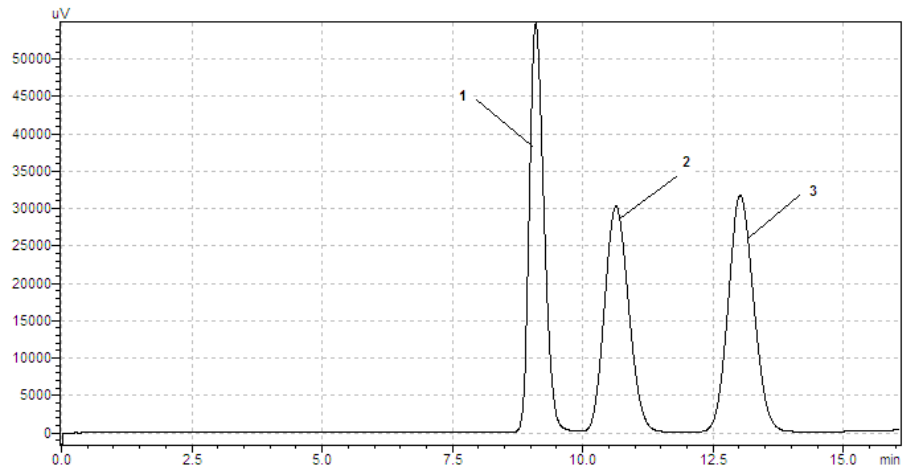
Mobil faz: Saf su

Akış Hızı: 0.6 mL / dakika

Kolon sıcaklığı: 80°C

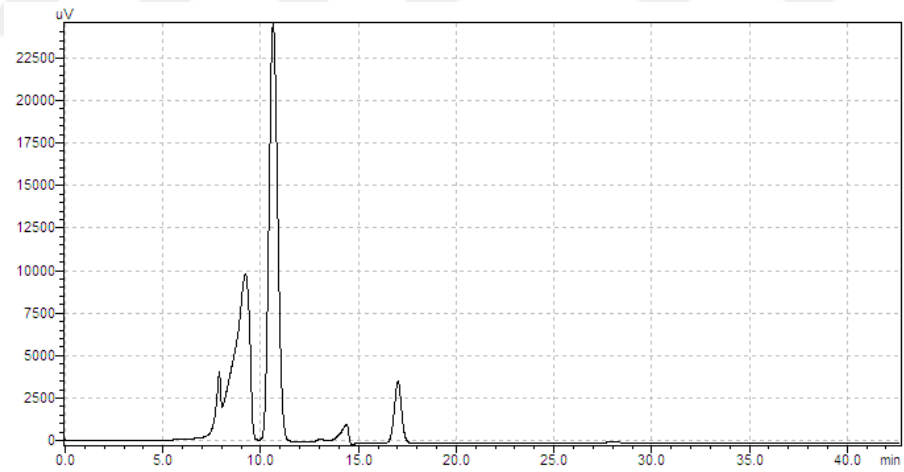
Enjeksiyon hacmi: 20 mikrolitre

Standart kromotogramı:

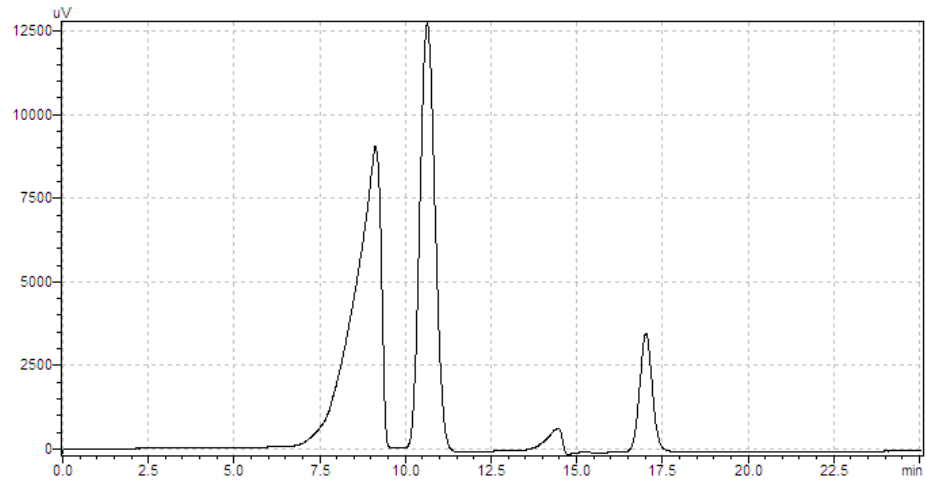


1. Sukroz; 2. Glikoz 3.; Fruktoz

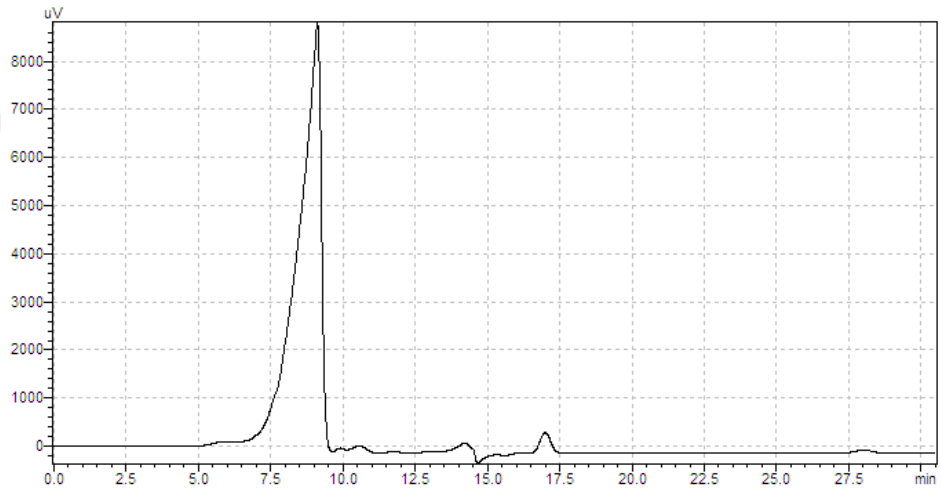
Numune kromatogramı (NKET)



Numune kromatogramı (TET)



Numune kromatogramı (ZET)



T.C.

SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ

YETEM

UYGULAMALI TEMEL BİLİMLER VE TEKNOLOJİLERİ ARAŞTIRMA BİRİMİ

ISPARTA

Tel: 0(246) 211 8072

26/11/2021

Fenolik Madde Analiz Sonucu

Analiz Sonucu: Sonuçlar ppm olarak verilmektedir.

Numune	Gallic acid	Catechin	Cinnamic acid	Quercetin
ZET	*	*	*	*
NKET	0,3	*	*	*
TET	*	*	1,9	1,7

Kullanılan Shimadzu Marka HPLC cihazı ile ilgili özellikler

Dedektör: SPD-M 10A vp DAD dedektör ($\lambda_{max}=278nm$)

Auto sampler: SIL-10AD vp

System controller: SCL-10Avp

Pump: LC-10ADvp

Degasser: DGU- 14A

Column oven: CTO-10Avp

Kolon : Agilent Eclipse XDB-C18 (250x4,60 mm) 5 mikron

Mobil faz: A: %3 asetik asit, B: Metanol

Akış Hızı: 0.8 mL / dakika

Kolon sıcaklığı: 30°C

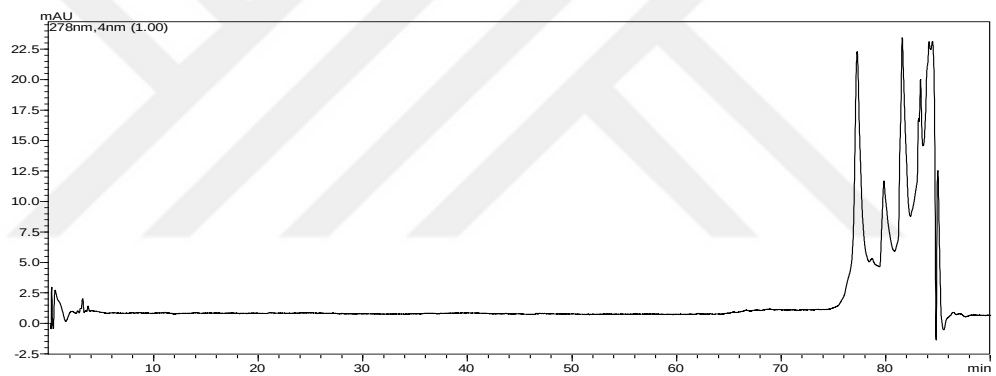
Enjeksiyon hacmi: 20 mikrolitre

Gradient programı

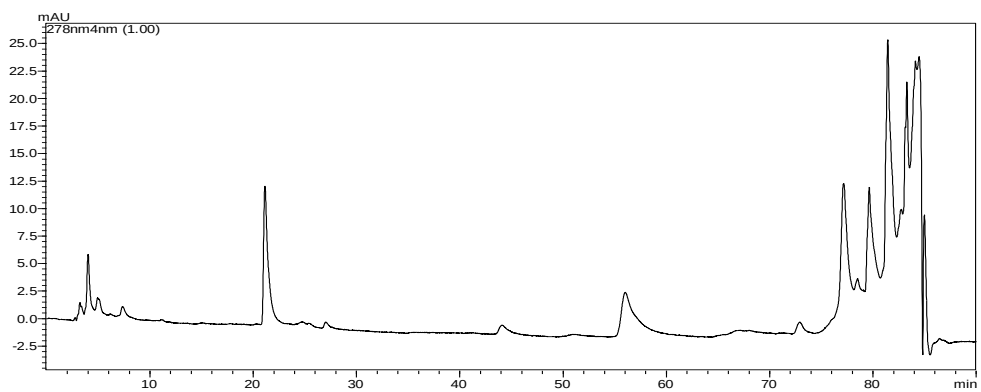
	Time	Module	Action	Value
1	0.01	Controller	Start	
2	0.10	Pumps	Pump B Conc.	7
3	20.00	Pumps	Pump B Conc.	28
4	28.00	Pumps	Pump B Conc.	25
5	35.00	Pumps	Pump B Conc.	30
6	50.00	Pumps	Pump B Conc.	30
7	60.00	Pumps	Pump B Conc.	33
8	62.00	Pumps	Pump B Conc.	42
9	70.00	Pumps	Pump B Conc.	50
10	73.00	Pumps	Pump B Conc.	70
11	75.00	Pumps	Pump B Conc.	80
12	80.00	Pumps	Pump B Conc.	100
13	81.00	Pumps	Pump B Conc.	7
14	90.00	Controller	Stop	

Numune kromatogramı

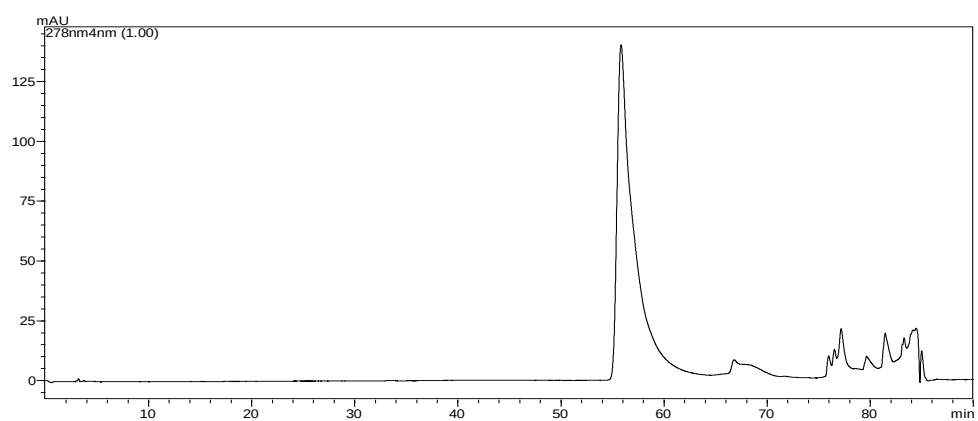
ZET



NKET



TET





SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
YENİLİKÇİ TEKNOLOJİLER ARAŞTIRMA ve UYGULAMA MERKEZİ
TEMEL VE UYGULAMALI BİLİMLER
GC MS BİRİMİ

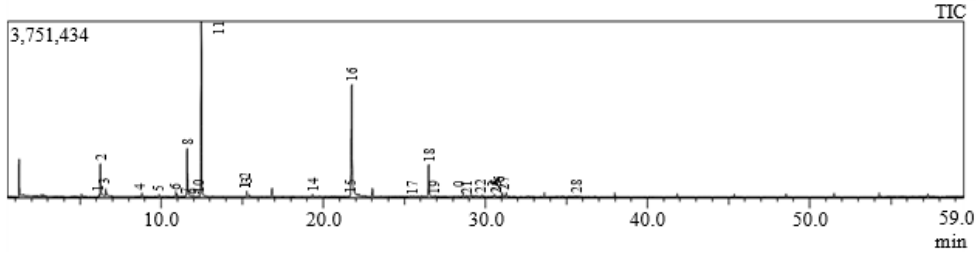


ANALİZİ İSTEYEN : Dr. Öğr. Ü. Sibel YİĞİTASLAN
 Numune Adı: NKET
 ANALİZ: Aroma

ANALİZ İMZA : DR. ÖĞR. GÖR. Sermin GOKSU

BELGE KONTROL TEL S.D.Ü : 0 246 211 17 53
 BELGE ELEKTRONİK KAYIT ALTINDADIR

Chromatogram C:\GCMSsolution\Data\Aroma-5MS\2021\sergenchozan\pembe.qgd



Peak#	R. Time	Name	Area	Area%
1	6.165	(E)-2-Hexenal	87590	0.28
2	6.249	cis-3-Hexene-1-ol	2020836	6.41
3	6.594	cis-2-Hexene-1-ol	455731	1.45
4	8.812	alpha-Pinene	210687	0.67
5	9.869	Benzaldehyde	150726	0.48
6	10.983	beta-Myrcene	181207	0.57
7	11.519	Octanal	55753	0.18
8	11.607	cis-3-Hexenyl acetate	3005906	9.54
9	12.001	cis-2-Hexenyl acetate	34409	0.11
10	12.285	Cymol	31334	0.10
11	12.480	Limonene	10505487	33.33
12	15.284	Linalool	347172	1.10
13	15.455	Nonanal	60461	0.19
14	19.340	Capraldehyde	130412	0.41
15	21.610	Z-Citral	32843	0.10
16	21.759	Cinnamaldehyde, (E)-	10874231	34.50
17	25.584	BETA. DAMASCONE	35367	0.11
18	26.504	2-Buten-1-one, 1-(2,6,6-trimethyl-1-cyclohexen-1-yl)-	2110305	6.70
19	26.885	Caryophyllene	73913	0.23
20	28.334	Eicosane	40090	0.13
21	28.832	Ionone <(E)-, beta->	97977	0.31
22	29.817	IRONE .ALPHA.	112979	0.36
23	30.435	Hexadecane	48026	0.15

Peak#	R. Time	Name	Area	Area%
24	30.534	Methyl. alpha. -ionone	114874	0.36
25	30.596	Docosane	91426	0.29
26	31.042	3-Phenylthiolane,S,S-dioxide	293282	0.93
27	31.291	1-Amino-2-hydroxyindane	267823	0.85
28	35.574	Hexadecane, 2,6,11,15-tetramethyl-	44393	0.14
			31515240	100.00



SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
YENİLİKÇİ TEKNOLOJİLER ARAŞTIRMA ve UYGULAMA MERKEZİ
TEMEL VE UYGULAMALI BİLİMLER
GC MS BİRİMİ

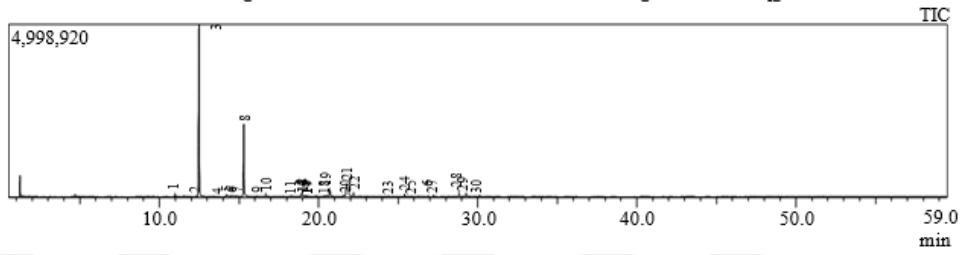


ANALİZİ İSTEYEN : Dr. Öğr. Ü. Sibel YIGİTASLAN
Numune adı: ZET
Analiz : Aroma

ANALİZ İMZA : DR. ÖĞR. GÖR. Sermin GOKSU

BELGE KONTROL TEL S.D.Ü: 0 246 211 17 53
BELGE ELEKTRONİK KAYIT ALTINDADIR

Chromatogram C:\GCMSsolution\Data\Aroma-5MS\2021\sergen.cbozan\sari.qgd



Peak#	R.Time	Name	Area	Area%
1	10.983	.beta.-Myrcene	295642	1.02
2	12.267	p-Mentha-1,5,8-triene	81280	0.28
3	12.489	Limonene	15041622	51.86
4	13.606	gamma.-Terpinen	25214	0.09
5	14.219	1-Octanol	176030	0.61
6	14.578	1-Noranol	45286	0.16
7	14.958	1-Undecene	71505	0.25
8	15.303	Linalool	6240551	21.52
9	16.113	Carveol	82830	0.29
10	16.681	Perilla alcohol	260758	0.90
11	18.342	trans-Sabinene hydrate	52601	0.18
12	18.914	beta-Fenchyl alcohol	323483	1.12
13	18.987	Dihydrocarvone	201120	0.69
14	19.065	1-p-Menthen-9-al	93286	0.32
15	19.160	Cetyl chloride	34634	0.12
16	19.235	D-Dihydrocarvone	88854	0.31
17	19.341	Capraldehyde	47307	0.16
18	20.514	Verbenol	60083	0.21
19	20.699	d-Carvone	767891	2.65
20	21.604	Citral	120680	0.42
21	21.759	Cinnamaldehyde, (E)-	2902864	10.01
22	22.196	1,3-Dioxolane, 2-heptyl-4-methyl-	310855	1.07
23	24.419	alpha-Cubebene	59376	0.20

Peak#	R.Time	Name	Area	Area%
24	25.405	alpha-Copaene	233581	0.81
25	25.880	beta-Elementene	81935	0.28
26	26.887	Caryophyllene	90802	0.31
27	27.226	GERMACRENE-D	145908	0.50
28	28.828	Ionone <(E)-, beta->	580597	2.00
29	29.279	Valencene	313023	1.08
30	30.102	delta-Cadinene	172109	0.59
			29001707	100.00



SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
YENİLİKÇİ TEKNOLOJİLER ARAŞTIRMA ve UYGULAMA MERKEZİ
TEMEL VE UYGULAMALI BİLİMLER
GC MS BİRİMİ

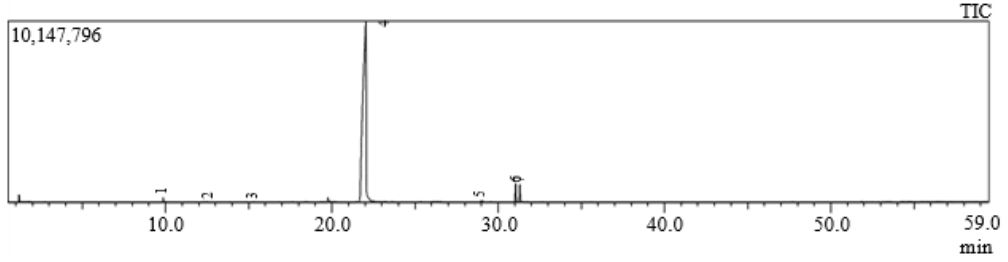


ANALİZİ İSTEYEN : Dr. Öğr. Ü. Sibel YİĞİTASLAN
Numune Adı: TAT
ANALİZ: Aroma

ANALİZ İMZA: DR. ÖĞR. GÖR. Sermin GOKSU

BELGE KONTROL TEL S.D.Ü: 0 246 211 17 53
BELGE ELEKTRONİK KAYIT ALTINDADIR

Chromatogram C:\GCMSsolution\Data\Aroma-5MS\2021\sergencbozan\turuncu.qgd



TIC				
Peak#	R.Time	Name	Area	Area%
1	9.855	Benzaldehyde	700557	0.48
2	12.465	Limonene	73371	0.05
3	15.297	Linalool	24990	0.02
4	22.053	Cinnamaldehyde, (E)-	138209521	94.78
5	28.972	l-Amino-2-hydroxyindane	250367	0.17
6	31.051	alpha-Phenethyl cinnamate	3343867	2.29
7	31.303	beta-Phenethyl cinnamate	3215582	2.21
			145818255	100.00

T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ

YETEM
Uygulamalı Temel Bilimler ve Teknolojileri Araştırma Birimi

03-12-2021

ANALİZ RAPORU

Analizi İsteyen Kişi/Kurum:

Referans: Uygulamalı Temel Bilimler ve Teknolojileri Araştırma Birimi

ISPARTA

Merkezimize getirmiş olduğunuz numunelerin elemental analiz sonuçları ekte verilmiştir.

Numune Adı	Element Derişimi (mg/L) / Çalışma Dalga Boyu(nm)					
	Cu 327.393	Fe 238.204	Mg 285.213	Na 589.592	P 213.617	Zn 206.200
NKET	0.176 ± 0.0278	< 0,008	39.12 ± 4.526	1116 ± 13.5	22.91 ± 0.267	<0,005
ZET	0.039 ± 0.0049	< 0,008	40.01 ± 0.880	1333 ± 14.8	29.75 ± 1.009	<0,005
TET	0.048 ± 0.0072	< 0,008	22.78 ± 1.277	1029 ± 12.5	19.12 ± 4.136	<0,005

Kim. Dr. Mukadder ERDEM TUNÇMEN

Öğr.Gör. Dr. Hüseyin TUNÇMEN

ICP OES ölçümleri EPA 6010 metoduna uygun olarak Perkin Elmer OPTIMA 5300 DV cihazı kullanılarak aşağıdaki şartlarda yapılmıştır.

PlasmaGasFlow	15 L/min
AuxiliaryGasFlow	0.2 L/min
NebulizerGasFlow	0.6 L/min
Power	1450 Watts
TorchCassettePosition	-3
PumpSpeed	1.5 mL/minute
Purge	Normal
Resolution	Normal
Integration Time	10 secondsmin/20 secondsmax
Read Delay	60 seconds
Replicates	3