

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

**FRÜKTO-OLİGOSAKKARİTLERİN ZEOLİTLER
TARAFINDAN ADSORPSİYONUNUN İNCELENMESİ**

Neşe DUMAN

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Sibel YİĞİTARSLAN YILDIZ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
KİMYA ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2011**

TEZ ONAYI

Neşe Duman tarafından hazırlanan “Frükto-oligosakkaritlerin zeolitler tarafından adsorpsiyonunun incelenmesi” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Süleyman Demirel Üniversitesi Kimya Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman:Yrd. Doç. Dr. Sibel Yiğitarıslan Yıldız (İmza)
(Süleyman Demirel Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı)

Jüri Üyeleri :

Yrd. Doç. Dr. Ebru Çubuk Demiralay (İmza)
(Süleyman Demirel Üniversitesi, Kimya Anabilim Dalı)

Yrd. Doç. Dr. İbrahim Üçgöl (İmza)
(Süleyman Demirel Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı)

Doç. Dr.Mehmet Cengiz KAYACAN
Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
Sayfa	i
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
SİMGELER DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
2.1. Fonksiyonel Gıdalar	3
2.1.1. Probiyotikler	11
2.1.2. Prebiyotikler	18
2.1.3. Sinbiyotikler	21
2.1.4. İnulin	22
2.1.5. Frükto-oligosakkaritler	28
2.2. Zeolitler	32
2.2.1. Zeolitlerin kullanım alanları	36
2.2.1.1. Kirlilik kontrolü	37
2.2.1.2. Enerji	38
2.2.1.3. Tarım ve hayvancılık	38
2.2.1.4. Madencilik ve metalurji	39
2.2.1.5. Diğer kullanım alanları	39
2.2.2. Zeolit çeşitleri	39
2.2.2.1. Klinoptilolit	39
2.2.2.2. Zeolit Y	40
2.3. Adsorpsiyon	41
2.3.1. Adsorpsiyon türleri	42
2.3.2. Adsorban maddeler	43
2.3.3. Adsorpsiyonu etkileyen faktörler	43
2.4. Cevap Yüzey Yöntemi	44

2.4.1. Küresel merkez kompozit dizayn	46
2.4.2. Box -Behnken dizaynı	47
2.5. Literatür Özeti.....	48
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	52
3.1. Materyal	52
3.2. Yöntem.....	53
3.2.1. Deney prosedürü	53
3.2.2. Deney dizaynı	54
3.2.3. Cevap yüzeylerinin oluşturulması	55
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	57
4.1. Zeolit Y Adsorbenti Tarafından Adsorplanan Orafti Çözeltisi İçin Cevap Yüzeyi ve Kontur Grafiklerinin Oluşturulması	57
4.2. Zeolit Y Adsorbenti Tarafından Adsorplanan Orafti-Glikoz Çözeltisi İçin Cevap Yüzeyi ve Kontur Grafiklerinin Oluşturulması	67
4.3. Zeolit Y Adsorbenti Tarafından Adsorplanan Orafti-Fruktoz Çözeltisi İçin Cevap Yüzeyi ve Kontur Grafiklerinin Oluşturulması	75
4.4. Zeolit Y Adsorbenti Tarafından Adsorplanan Orafti-Sükroz Çözeltisi İçin Cevap Yüzeyi ve Kontur Grafiklerinin Oluşturulması	83
4.5. Klinoptilolit Adsorbenti Tarafından Adsorplanan Orafti Çözeltisi İçin Cevap Yüzeyi ve Kontur Grafiklerinin Oluşturulması	91
4.6. Klinoptilolit Adsorbenti Tarafından Adsorplanan Orafti – Glikoz Çözeltisi İçin Cevap Yüzeyi ve Kontur Grafiklerinin Oluşturulması	100
4.7. Klinoptilolit Adsorbenti Tarafından Adsorplanan Orafti –Fruktoz Çözeltisi İçin Cevap Yüzeyi ve Kontur Grafiklerinin Oluşturulması	109
4.8. Klinoptilolit Adsorbenti Tarafından Adsorplanan Orafti –Sükroz Çözeltisi İçin Cevap Yüzeyi ve Kontur Grafiklerinin Oluşturulması	117
5. SONUÇ	126
6. KAYNAKLAR	128
ÖZGEÇMİŞ	137

ÖZET

Yüksek Lisans

FRÜKTO-OLİGOSAKKARİT BİLEŞENLERİNİN ZEOLİTLER TARAFINDAN ADSORPSİYONUNUN İNCELENMESİ

Neşe DUMAN

**Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Kimya Anabilim Dalı**

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Sibel YİĞİTARSLAN YILDIZ

Yapılan çalışmada, frükto-oligosakkarit bileşenleri içeren çözeltiler içinde farklı zeolit türleri; zeolit Y ve klinoptilolit adsorbentlerinin adsorplama davranışları incelenmiştir. Zeolit Y ve klinoptilolit adsorbentleri kullanılarak; hazırlanan orafti, orafti-glikoz, orafti-früktoz ve orafti-sükroz çözeltilerinin her birinde adsorpsiyon verimi araştırılmıştır.

Her bir zeolit türü için sıcaklık, süre ve karıştırma hızı parametreleri ayrı ayrı çalışılmıştır. Elde edilen adsorpsiyon verimleri kullanılarak üç parametrelili üç merkezli Box-Behnken dizaynı oluşturulmuş, yazılım programı kullanılarak adsorpsiyon prosesinin her bir zeolit türü için optimizasyonu gerçekleştirilmiş ve sistemin cevap yüzeyleri ve kontur grafikleri oluşturulmuştur.

Çalışma sonucunda Zeolit Y adsorbentinin orafti, orafti-glikoz, orafti-früktoz çözeltilerindeki adsorpsiyon verimlerinin klinoptilolit adsorbentine göre daha yüksek değerlerde olduğu gözlenirken, orafti-sükroz çözeltilisinde klinoptilolit adsorbenti için daha yüksek verim değerleri elde edilmiştir. Yapılan çalışmalar ve elde edilen nümerik optimizasyonlar sonucunda zeolit Y adsorbenti ile gerçekleştirilen deneyler içinde en yüksek verim yaklaşık % 69 iken, klinoptilolit için bu değer yaklaşık % 54 olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Frükto-oligosakkarit, 1-kestoz, Nistoz, Frükto-furanozil Nistoz, Adsorpsiyon, Optimizasyon, Oligosakkarit, Cevap Yüzey Yöntemi, Zeolit

2011, 137 sayfa

ABSTRACT

M.Sc.

THE INVESTIGATION OF ADSORPTION OF FRUCTO-OLIGOSACCHARIDES BY ZEOLITES

Neşe DUMAN

Süleyman Demirel University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Chemistry Department

Supervisor: Assist. Prof. Sibel YİĞİTARSLAN YILDIZ

In this study, adsorption behaviour of different zeolite types, zeolite Y and clinoptilolite adsorbents, in solutions containing fructo-oligosaccharide components was investigated. Adsorption yield of zeolite Y and clinoptilolite in each of the prepared solutions of orafti, orafti-glucose, orafti-fructose and orafti-sucrose was searched.

For each zeolite type, temperature, time and mixing rate parameters were studied seperately. By using obtained adsorption yields, three-parameter-three-centered Box-Behnken design was prepared, the optimization of adsorption process of each zeolite type was realized by using software program and the response surface and kontour graph of each system were obtained.

Results of the study showed that while the adsorption yield of zeolite Y in orafti, orafti-glucose, orafti-frucose solutions was higher than those of clinoptilolite, the adsorption yield of clinoptilolite in orafti-sucrose was higher than that of zeolite Y. As a result of the experiments and numerical optimizations, experiments realized by zeolite Y resulted maximum 69% yield, whereas this value was nearly 54% for clinoptilolite.

Key Words: Fructo-oligosaccharide, 1-kestose, Nystose, Fructofuranosyl Nystose, Adsorption, Optimization, Oligosaccharide, Response Surface Methodology, Zeolite

2011, 137 pages

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Yrd. Doç. Dr. Sibel YİĞİTARSLAN YILDIZ'a teşekkürlerimi sunarım. Bu tezi yazmamda yardımlarını esirgemeyen arkadaşım Yüksek Tekstil Mühendisi Ezgi AKAR'a, preparatların temininde yardımcı olan değerli hocam Uzman Kimya Mühendisi Banu ESENCAN TÜRKASLAN'a, değerli hocam Araştırma Görevlisi Dicle ÖZDEMİR KÜÇÜKÇAPRAZ'a ve tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.

2302-YL-10 No'lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Tezimin her aşaması için geçen sürede beni her zaman destekleyen annem Safiye DUMAN'a, babam Memet Emin DUMAN'a ve tüm aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Neşe DUMAN
ISPARTA, 2011

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Ülkelere göre sağlıklı gıda pazar durumu	10
Şekil 2.2. Fonksiyonel gıdaların ürünler bazında dağılımı	10
Şekil 2.3. İnulinin kimyasal yapısı.....	22
Şekil 2.4. İnülinaz enziminin etki mekanizması	26
Şekil 2.5. İnulinin kısmi hidroliz mekanizması	27
Şekil 2.6. Değişik frukto-oligosakkaritlerin kimyasal yapısı (G:glukoz, F:fruktoz, n veya m moleküllerdeki fruktoz sayısını göstermektedir).....	29
Şekil 2.7. GF _n tipi FOS'ların mekanizması.....	32
Şekil 2.8. [SiO ₄] ve [AlO ₄] dörtyüzlüsü.	34
Şekil 2.9. Zeolitin kristal yapısının gösterimi a) Hegzagonlardan oluşan oktahedran yapı içerisindeki zıt iyonların yerleştiği β kafesi (Bölge I). b) 8 üyeli halkadan oluşan ve zıt iyonun α kafesine (Bölge II) erişimini sağlayan pencere. c) α kafesini oluşturan birimlerin kübik yapısı.....	34
Şekil 2.10. Doğal zeolit ve değişik tane boyutlu ürünler.....	35
Şekil 2.11. a) Klinoptilolitin Moleküler Elek Yapısı b) Bir Maddeyi Adsorplaması	40
Şekil 2.12. Zeolit Y'nin molekül yapısı.....	41
Şekil 2.13. Beklenen verimin (η), sıcaklık (x ₁) ve basınçla (x ₂) fonksiyonu olarak kontur ve üç boyutlu cevap yüzeyi şeklinde gösterimi	45
Şekil 2.14. Box-Behnken dizayn sınırları	47
Şekil 3.1. Deney düzeneği.....	54
Şekil 4.1. Zeolit Y ile adsorplanan orafti çözeltisinin süre-sıcaklık parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği.....	63
Şekil 4.2. Zeolit Y ile adsorplanan orafti çözeltisinin karıştırma hızı-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği	64
Şekil 4.3. Zeolit Y ile adsorplanan orafti çözeltisinin sıcaklık-karıştırma hızı parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği	64
Şekil 4.4. Zeolit Y ile adsorplanan orafti çözeltisinin süre-sıcaklık parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren cevap yüzey grafiği	64
Şekil 4.5. Zeolit Y ile adsorplanan orafti çözeltisinin karıştırma hızı-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren cevap yüzey grafiği..	65
Şekil 4.6. Zeolit Y ile adsorplanan orafti çözeltisinin karıştırma hızı-sıcaklık parametrelerinin adsorpsiyon verimine olan etkisini gösteren cevap yüzey grafiği	65
Şekil 4.7. Nümerik optimizasyon sonucunda 12. çözümün rampa grafiği	67

Şekil 4.8. Zeolit Y ile adsorplanan orafti-glikoz çözeltisinin sıcaklık-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği	71
Şekil 4.9. Zeolit Y ile adsorplanan orafti-glikoz çözeltisinin karıştırma hızı-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği	72
Şekil 4.10. Zeolit Y ile adsorplanan orafti-glikoz çözeltisinin karıştırma hızı-sıcaklık parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği	72
Şekil 4.11. Zeolit Y ile adsorplanan orafti-glikoz çözeltisinin sıcaklık-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine olan etkisini gösteren cevap yüzey grafiği	72
Şekil 4.12. Zeolit Y ile adsorplanan orafti-glikoz çözeltisinin karıştırma hızı-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren cevap yüzey grafiği	73
Şekil 4.13. Zeolit Y ile adsorplanan orafti-glikoz çözeltisinin karıştırma hızı-sıcaklık parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren cevap yüzey grafiği	73
Şekil 4.14. Nümerik optimizasyon sonucunda 6. çözümün rampa grafiği	75
Şekil 4.15. Zeolit Y ile adsorplanan orafti-früktoz çözeltisinin sıcaklık-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği	79
Şekil 4.16. Zeolit Y ile adsorplanan orafti-früktoz çözeltisinin karıştırma hızı-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği	80
Şekil 4.17. Zeolit Y ile adsorplanan orafti-früktoz çözeltisinin karıştırma hızı-sıcaklık parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği	80
Şekil 4.18. Zeolit Y ile adsorplanan orafti-früktoz çözeltisinin sıcaklık-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren cevap yüzey grafiği..	80
Şekil 4.19. Zeolit Y ile adsorplanan orafti-früktoz çözeltisinin karıştırma hızı-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren cevap yüzey grafiği	81
Şekil 4.20. Zeolit Y ile adsorplanan orafti-früktoz çözeltisinin karıştırma hızı-sıcaklık parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren cevap yüzey grafiği.....	81
Şekil 4.21. Nümerik optimizasyon sonucunda 8. çözümünün rampa grafiği	82
Şekil 4.22. Zeolit Y ile adsorplanan orafti-sükroz çözeltisinin sıcaklık-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği	87
Şekil 4.23. Zeolit Y ile adsorplanan orafti-sükroz çözeltisinin karıştırma hızı-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği	88
Şekil 4.24. Zeolit Y ile adsorplanan orafti-sükroz çözeltisinin sıcaklık-karıştırma hızı parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği	88

Şekil 4.25. Zeolit Y ile adsorplanan orafti-sükroz çözeltisinin sıcaklık-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren cevap yüzey grafiği	88
Şekil 4.26. Zeolit Y ile adsorplanan orafti-sükroz çözeltisinin karıştırma hızı-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren cevap yüzey grafiği	89
Şekil 4.27. Zeolit Y ile adsorplanan orafti-sükroz çözeltisinin sıcaklık-karıştırma hızı parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren cevap yüzey grafiği	89
Şekil 4.28. Nümerik optimizasyon sonucunda 36. çözümünün rampa grafiği	91
Şekil 4. 29. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti çözeltisinin sıcaklık-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği	96
Şekil 4.30. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti çözeltisinin karıştırma hızı-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği	97
Şekil 4.31. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti çözeltisinin karıştırma hızı-sıcaklık parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği	97
Şekil 4.32. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti çözeltisinin sıcaklık-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren cevap yüzey grafiği..	97
Şekil 4.33. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti çözeltisinin karıştırma hızı-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren cevap yüzey grafiği..	98
Şekil 4.34. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti çözeltisinin karıştırma hızı-sıcaklık parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren cevap yüzey grafiği	98
Şekil 4.35. Nümerik optimizasyon sonucunda 16. çözümünün rampa grafiği	100
Şekil 4.36. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti-glikoz çözeltisinin karıştırma hızı-sıcaklık parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği	105
Şekil 4.37. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti-glikoz çözeltisinin karıştırma hızı-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği	106
Şekil 4.38. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti-glikoz çözeltisinin karıştırma hızı-sıcaklık parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği	106
Şekil 4.39. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti-glikoz çözeltisinin sıcaklık-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren cevap yüzey grafiği	106
Şekil 4.40. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti-glikoz çözeltisinin karıştırma hızı-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren cevap yüzey grafiği	107

Şekil 4.41. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti-gikoz çözeltisinin karıştırma hızı-sıcaklık parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren cevap yüzeyi	107
Şekil 4.42. Nümerik optimizasyon sonucunda 15. çözümünün rampa grafiği	108
Şekil 4.43. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti-früktoz çözeltisinin sıcaklık-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği ..	113
Şekil 4.44. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti-früktoz çözeltisinin karıştırma hızı-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği	114
Şekil 4.45. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti-früktoz çözeltisinin karıştırma hızı-sıcaklık parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği	114
Şekil 4.46. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti-früktoz çözeltisinin sıcaklık-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren cevap yüzey grafiği	114
Şekil 4.47. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti-früktoz çözeltisinin karıştırma hızı-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren cevap yüzey grafiği.....	115
Şekil 4.48. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti-früktoz çözeltisinin karıştırma hızı-sıcaklık parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren cevap yüzey grafiği.....	115
Şekil. 4.49. Nümerik optimizasyon sonucunda 1. çözümünün rampa grafiği	116
Şekil 4.50. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti-sükroz çözeltisinin sıcaklık-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği ..	121
Şekil 4.51. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti-sükroz çözeltisinin karıştırma hızı-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği	122
Şekil 4.52. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti-sükroz çözeltisinin karıştırma hızı-sıcaklık parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği	122
Şekil 4.53. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti-sükroz çözeltisinin sıcaklık-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren cevap yüzey grafiği	122
Şekil 4.54. Klinoptilolitle adsorplanan orafti-sükroz çözeltisinin karıştırma hızı-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren cevap yüzey grafiği	123
Şekil 4.55. Klinoptilolitle adsorplanan orafti-sükroz çözeltisinin karıştırma hızı-sıcaklık parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren cevap yüzey grafiği.....	123
Şekil 4.56. Nümerik optimizasyon sonucunda 29. çözümünün rampa grafiği	125

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Fonksiyonel gıda biliminde bazı terimler/ bileşenler	4
Çizelge 2.2. Fonksiyonel gıda bileşenleri ve olası sağlık etkileri	7
Çizelge 2.3. 2005 – 2006 Yılları ürünlere göre dünya sağlıklı gıda pazar durumu	9
Çizelge 2.4. Probiyotik olarak kullanılan mikroorganizmalar	15
Çizelge 2.5. Probiyotiklerin yararlı etkileri ve etki mekanizmalarının temeli	16
Çizelge 2.6. Probiyotik seçim ölçütleri	17
Çizelge 2.7. Besinlerde bulunan prebiyotik çeşitleri	19
Çizelge 2.8. Bazı bitkisel kaynaklar ve inulin düzeyleri.....	24
Çizelge 2.9. Hindiba inulin ve yüksek performanslı inulinlerin fiziko-kimyasal özellikleri	25
Çizelge 2.10. Frükto-oligosakkaritlerin gıdalarda kullanımı	31
Çizelge 2.11. Bazı zeolit türleri, gözenek çapları ve bozunma sıcaklıkları	35
Çizelge 2.12. Üç değişkenli Box-Behnken dizaynı	48
Çizelge 2.13. Şeker karışımlarının zeolitlerce adsorpsiyon yöntemiyle ayrılmasına ilişkin literatürdeki araştırmalar	51
Çizelge 3.1. Kullanılan kimyasal materyaller	53
Çizelge 3.2. Belirlenen parametreler ve deney koşulları	55
Çizelge 3.3. Design Expert 8.0.5 Stateease yazılım programına girilen veriler	55
Çizelge 4.1. Zeolit Y ile adsorplama işlemi gerçekleştirilen orafti çözeltisinin cevap yüzeylerini oluşturulmak için Design Expert programına girilen veriler	57
Çizelge 4.2. Zeolit Y tarafından adsorplanan orafti çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “cubic fonksiyona” ait istatistiksel parametreler	58
Çizelge 4.3. Zeolit Y tarafından adsorplanan orafti çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “quadratic fonksiyona” ait ANOVA tablosu	59
Çizelge 4.4. Zeolit Y tarafından adsorplanan orafti çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “cubic fonksiyona” ait ANOVA tablosu	60
Çizelge 4.5. Zeolit Y tarafından adsorplanan orafti çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “indirgenmiş cubic type III” fonksiyona ait ANOVA tablosu.....	61
Çizelge 4.6. Zeolit Y tarafından adsorplanan orafti çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “cubic type III“ fonksiyona istatistiksel ait parametreler	62
Çizelge 4.7. Zeolit Y ile adsorplanan orafti çözeltisinin nümerik optimizasyon sonucunda bilgisayar programından elde edilen çözümleri.....	66

Çizelge 4.8. Zeolit Y ile adsorplama işlemi gerçekleştirilen orafti-glikoz çözeltisinin cevap yüzeylerini oluşturulmak için Design Expert programına girilen veriler	67
Çizelge 4.9. Zeolit Y tarafından adsorplanan orafti-glikoz çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “cubic fonksiyona” ait istatistiksel parametreler	68
Çizelge 4.10. Zeolit Y ile adsorplanan orafti-glikoz çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “2FI fonksiyonuna” ait “ANOVA” tablosu	69
Çizelge 4.11. Zeolit Y ile adsorplanan orafti -glikoz çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “cubic type III fonksiyonuna” ait “ANOVA” tablosu	70
Çizelge 4.12. Nümerik optimizasyon sonucunda zeolit Y ile adsorplanan orafti-glikoz çözeltisi için bilgisayar programından elde edilen çözümler	74
Çizelge 4.13. Zeolit Y ile adsorplanan orafti –früktoz çözeltisi için adsorpsiyona ilişkin yazılım programına girilen veriler	75
Çizelge 4.14. Zeolit Y ile adsorplanan orafti–früktoz çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “quadretic fonksiyona” ait istatistiksel parametreler	76
Çizelge 4.15. Zeolit Y ile adsorplanan orafti–früktoz çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “quadretic fonksiyona” ait “ANOVA” tablosu.....	77
Çizelge 4.16 Zeolit Y ile adsorplanan orafti–früktoz çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “cubic fonksiyona” ait “ANOVA” tablosu	78
Çizelge 4.17. Nümerik optimizasyon sonucunda zeolit Y ile adsorplanan orafti-früktoz çözeltisi için bilgisayar programından elde edilen çözümler	82
Çizelge 4.18. Zeolit Y ile adsorplanan orafti–sükroz çözeltisi için adsorpsiyona ilişkin yazılım programına girilen veriler	83
Çizelge 4.19. Zeolit Y ile adsorplanan orafti-sükroz çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “quadretic fonksiyona” ait istatistiksel parametreler	84
Çizelge 4.20. Zeolit Y ile adsorplanan orafti-sükroz çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “quadretic fonksiyona” ait “ANOVA” tablosu.....	85
Çizelge 4.21. Zeolit Y ile adsorplanan orafti-sükroz çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “ indirgenmiş quadretic fonksiyona” ait “ANOVA” tablosu	86
Çizelge 4.22. Nümerik optimizasyon sonucunda zeolit Y ile adsorplanan orafti-sükroz çözeltisi için bilgisayar programından elde edilen çözümler	90
Çizelge 4.23. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti çözeltisi için adsorpsiyon ilişkin yazılım programına girilen veriler	91
Çizelge 4.24. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “lineer fonksiyona“ ait istatistiksel parametreler....	92

Çizelge. 4.25. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “quadretic fonksiyona“ ait ANOVA tablosu	93
Çizelge. 4.26. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “cubic fonksiyona“ ait ANOVA tablosu	94
Çizelge 4.27. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “indirgenmiş cubic modeline” ait istatistiksel parametreler	95
Çizelge 4.28. Nümerik optimizasyon sonucunda klinoptilolit ile adsorplanan orafti çözeltisi için bilgisayar programından elde edilen çözümler.....	99
Çizelge 4.29. Klinoptilolit tarafından adsorplanan orafti–glikoz çözeltisi için adsorpsiyona ilişkin yazılım programına girilen veriler	100
Çizelge 4.30. Klinoptilolit tarafından adsorplanan orafti-glikoz çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “lineer fonksiyona” ait istatistiksel parametreler	101
Çizelge 4.31. Klinoptilolit tarafından adsorplanan orafti-glikoz çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “lineer fonksiyona” ait “ANOVA” tablosu	102
Çizelge 4.32. Klinoptilolit tarafından adsorplanan orafti-glikoz çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “quadretic fonksiyona” ait “ANOVA” tablosu	103
Çizelge 4.33. Klinoptilolit tarafından adsorplanan orafti-glikoz çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “cubic fonksiyona” ait “ANOVA” tablosu	104
Çizelge 4.34. Nümerik optimizasyon sonucunda klinoptilolit ile adsorplanan orafti-glikoz çözeltisi için bilgisayar programından elde edilen çözümler....	108
Çizelge 4.35. Klinoptilolit tarafından adsorplanan orafti–früktoz çözeltisi için adsorpsiyona ilişkin yazılım programına girilen veriler	109
Çizelge 4.36. Klinoptilolit tarafından adsorplanan orafti-früktoz çözeltisinde yazılım programı tarafından önerilen “2FI fonksiyonuna” ait istatistiksel parametreler	110
Çizelge 4.37. Klinoptilolit tarafından adsorplanan orafti-früktoz çözeltisinde yazılım programı tarafından önerilen “2FI fonksiyonuna” ait “ANOVA” tablosu	111
Çizelge 4.38. Klinoptilolit tarafından adsorplanan orafti-früktoz çözeltisinde yazılım programı tarafından önerilen “quadretic fonksiyona” ait “ANOVA” tablosu	112
Çizelge 4.39. Nümerik optimizasyon sonucunda klinoptilolit ile adsorplanan orafti-früktoz çözeltisi için bilgisayar programından elde edilen çözümler ..	116
Çizelge 4.40. Klinoptilolit tarafından adsorplanan orafti–sükroz çözeltisi için adsorpsiyona ilişkin yazılım programına girilen veriler	117

Çizelge 4.41. Klinoptilolit tarafından adsorplanan orafti-sükroz çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “lineer fonksiyona” ait istatistiksel parametreler	118
Çizelge 4.42. Klinoptilolit tarafından adsorplanan orafti-sükroz çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “lineer fonksiyona” ait “ANOVA” tablosu	119
Çizelge 4.43. Klinoptilolit tarafından adsorplanan orafti-sükroz çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “ indirgenmiş cubic fonksiyona” ait “ANOVA” tablosu	120
Çizelge 4.44. Nümerik optimizasyon sonucunda klinoptilolit ile adsorplanan orafti-sükroz çözeltisi için bilgisayar programından elde edilen çözümler ...	124

SİMGELER DİZİNİ

WHO	World Healty Organization (Dünya Sağlık Örgütü)
KVH	Kardiyovasküler hastalıklar
FOSHU	Foods for Specific Health Use (Gıdaların Sağlık İçin Kullanımı)
FDA	Food and Drug Administration (Gıda ve İlaç Kuruluşu)
FOS	Frükto-oligosakkarit
GOS	Galakto-oligosakkarit
ILSI	International Life Sciences Institute (Uluslararası Yaşam Bilimleri Enstitüsü)
FUFOSA	Functional Foods Science in Europa (Avrupa'da Fonksiyonel Gıda Bilimi)
DHA / EPA	Dokosaheksaenoik / Eikosapentaenoik asid
KKH	Koroner Kalp Hastalığı
CLA	Konjuge Linoik asit
H ₂ O ₂	Hidrojen peroksit
kob/g	koloni oluşturan organizma/gram
LDL	Low Density Lipoprotein (Düşük Yoğunluklu Lipoprotein)
dev/dak	devir/dakika
py	piranoz
HP	Yüksek Performanslı
NOP	Nişasta yapısında Olmayan Polisakkarit
KZYA	Kısa Zincirli Yağ Asitleri
GRAS	Generally Recognized As Safe (Güvenli Olarak belirlenmiş)
1SST	1-sükroz früktozil transferaz
1FFT	1-früktofuranozil transferaz
[SiO ₄] ⁻⁴	silisyum oksit
[AlO ₄] ⁻⁵	alüminyum oksit
HPLC	High Performance Liquid Chromatography (Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografi)

1. GİRİŞ

Milattan önce 400 yılında henüz modern tıp kurulmamışken Hipokrat ilacımızın da, zehrimizin de yediklerimiz olduğunu söylemiştir. Bugün, modern tıbbın giderek daha çok gelişmesi sayesinde biliyoruz ki tükettiğimiz gıdalar hem besleyici hem de iyileştirici birçok özelliğe sahiptir. Günümüzde sağlıklı olma ve beslenme şekli arasındaki yakın ilişki çeşitli bilimsel veriler ile ortaya konmuştur. Toplumların yüksek miktarda şeker, tuz ve doymuş ve trans yağ içeren gıdaları fazlaca tüketip buna karşın lifli, vitaminli veya gerekli minerallerin bulunduğu gıda maddelerini daha az oranda tüketmeleri beslenme durumlarını etkilemiştir. Beslenmedeki bu alışkanlıklar iyileşmeyen bazı kronik hastalıkların da ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Fizyolojik aktiviteye sahip fonksiyonel gıdaların günümüz dünyasında oldukça yaygın kullanımı dikkate alındığında, toplumların ve bireylerin üzerindeki yararlarının ve risk durumlarının da mutlaka çok dikkatli bir şekilde ele alınması ve değerlendirilmesi gerekmektedir.

21. yüzyıla girerken birçok ülkede yaşam standartlarının yükselmesiyle birlikte insanlar aldıkları gıdaların nitelikleri ve bu gıdaların sağlıkları üzerine bıraktığı olumlu ve olumsuz etkileri hakkında çok daha hassas ve bilinçli olmaya başlamışlardır. İnsanlar artık gıdaları sadece tüketim amaçlı değil, sağlıklarını koruyucu ve/veya arttırıcı olarak irdelemektedir.

Hemen hemen tüm gelişmiş ülkelerin toplumları, daha uzun ömür beklentileri, tedavi masraflarının kontrol edilemez düzeyde artışı ve yeni yaşam tarzıyla ortaya çıkan teknolojinin gelişmesi sonucu birçok yenilikle karşı karşıya kalmıştır. Artık beslenme bilimi dengeli beslenme üzerindeki vurguyu azaltmadan yeni bir beslenme kavramı geliştirmek istemektedir. İhtiyaçlar doğrultusunda ortaya çıkan bu yeni beslenme kavramı; her bireyin bir yandan yaşam süresince hastalanma riskini minimuma indirirken, bir yandan da daha sağlıklı olmasını sağlamak üzere fizyolojik fonksiyonlarını maksimuma ulaştırmayı amaçlamaktadır.

Tüketicinin bilinçlenmesi gıda sektörünü yeni arayışlara sürüklemiş ve son zamanlarda, vücudun fizyolojik fonksiyonlarını pozitif yönde etkileyen ve sağlık

ihtiyaçlarını doğrulamaya yeten, fonksiyonel gıdalar olarak adlandırılan yeni bir kavram geliştirilmiştir. Fonksiyonel bileşenler arasında en sık görülen sınıflar probiyotikler ve prebiyotiklerdir. Probiyotikler, “sağlık üzerinde pozitif etkilere sahip canlı organizmalar” olarak bilinirler. Prebiyotikler ise “kolondaki bir veya sınırlı sayıdaki bakterilerin büyümesini veya aktivitesini seçici olarak düzenleyerek konak organizmayı olumlu yönde etkileyen gıda bileşenleridir.” Fermente olabilen sindirilemeyen karbonhidratlar olarak da bilinen prebiyotikler; küçük alkoller, disakkaritler (laktoz ve laktitol), oligosakkaritler (frükto-oligosakkaritler (FOS), soya oligosakkaritleri, ksilo-oligosakkaritler vb.) ve büyük poli-oligosakkaritlerden (inülin) oluşur. Inlin doğada, bitkilerin depo karbonhidratı şeklinde yaygın olarak bulunur ve früktoz polimerlerinin heterojen karışımlarına verilen isimdir. Frükto-oligosakkaritler; maksimum on şeker birimini (polimerizasyon derecesi) içeren glikoz ve früktoz moleküllerine β (2 \rightarrow 1) bağı ile bağlı früktoz oligomerleridir. Fermente edilebilme özellikleri sayesinde frükto-oligosakkaritler (FOS), sindirim sistemi hastalık riskini azaltır, mukozal korumayı güçlendirir, kalsiyum gibi minerallerin emilimini ve bağırsak epitelini etkiler. Yüksek derecede znebildiğinden (oda sıcaklığında suda yaklaşık %80), organoleptik kaliteyi arttırmakta, yağ ve şeker yerine, lif ve prebiyotik olarak kullanılmaktadır. FOS, başta hindiba ve yer elması olmak üzere kuşkonmaz, muz, soğan, sarımsak, domates vb. bitkilerde bulunur.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Fonksiyonel Gıdalar

İlk olarak ele alındığında besinlerin en önemli temel görevlerinden biri, organizmanın metabolik ihtiyaçları için gerekli olabilecek maddeleri sağlamasıdır. Ancak besinler metabolik ihtiyaçlar için makro ve mikro besleyicilerden başka sağlık üzerinde faydalı etkileri olabilecek bileşenler de içermektedir (Coşkun, 2005).

Son yıllarda gerçekleştirilen bilimsel çalışmalar beslenme modeli ile sağlık arasında önemli bir ilişkinin olduğunu ortaya koymaktadır (Milner, 1999). Beslenmeye bağlı olarak dünya üzerinde kronik rahatsızlıklar giderek artmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) verilerine göre, bir yılda 16,7 milyon insan Kardiyovasküler hastalıklardan (KVH), 7,9 milyon insan kanserden hayatını kaybetmektedir. Bu hastalıkların mücadelesinde oldukça yüksek miktarda paralar harcanmaktadır (Alaşarvar ve Pelvan, 2009). Bundan dolayı hem bu hastalıkların riskini en aza indirmek hem de hastalıkların mücadelesinde harcanan paraların miktarını azaltabilmek için bazı besinler doğal yollardan hastalıkların önlenmesinde ve tedavisinde kullanılmaya başlanmıştır, bu durum beslenme desteğinin önemini arttırmıştır (Coşkun, 2005). Yapılan çalışmalarda, hastalıklardan korunmak, yaşlanmayı geciktirmek, sağlıklı yaşam ve yaşam kalitesinin yükseltilmesini sağlamak hedeflenmiştir. Bu bağlamda geleceğin vazgeçilmez bir parçası haline gelecek fonksiyonel gıdalar yaşam çerçevesi programında ele alınmakta ve tüm dünyada üretim ve tüketim oranları hızla artmaktadır.

Fonksiyonel gıdalar, tek bir biçimde tanımlanmış veya özellikleri kesin olarak belirtilen gıdalar değildir. Nutrasetikler, tıbbi gıdalar, terapotik gıdalar, fito-kimyasallar ve süper gıdalar, fonksiyonel gıda besinlerini tanımlamak için kullanılan terimlerdir. Fonksiyonel gıdalar, "vücudun temel besin ihtiyaçlarını karşılamanın yanı sıra insan fizyolojisi ve metabolik fonksiyonları üzerinde ilave faydalar sağlayan böylelikle hastalıklardan korunmada ve hastalık risklerinin azaltılmasında önemli etkilere sahip olan ve daha sağlıklı bir yaşama ulaşmada etkinlik gösteren

besinler ve besin bileşenleri” olarak tanımlanmaktadır (Güven ve Gülmez, 2006). Nutrasetikler, fonksiyonel gıdalar ile eş anlamlı olarak kullanılmaktadır. Nutrasötikler, hem bilinen şekildeki hem de farklı (tablet, kapsül vb.) gıda ve gıda bileşenlerini tarif eder. Bu açıdan nutrasetikler; hastalıkların tedavi edilmesinde veya önlenmesinde sağlığa yararlı etkileri bilimsel olarak kanıtlanmış, toksik olmayan, herhangi bir gıda ekstresini tanımlamaktadır (Başer, 2002). Fonksiyonel gıda biliminde bazı terimler Çizelge 2.1.’de verilmiştir (Dayısoylu, 2008).

Çizelge 2.1. Fonksiyonel gıda biliminde bazı terimler/ bileşenler (Dayısoylu, 2008)

Fonksiyonel Gıda	Vitalins	Fonksiyonel Gıda	Vitalins
Nutrasötikler	Vita Food	Nutritional Food	Fitosteroller
Probiyotikler	Dietary Supplements	Therapeutic Food	Fitokimyasallar
Prebiyotikler	Botanicals	Super Food	Fitoöstrojenle
Sinbiyotikler	Cosmeceuticals	Pharma Food	Flavonoidler
Medicinal Food	Kolik Gıda	Designer Food	Polifenoller
Medical Food	Tıbbi Gıda	Novel Food	Omega-3 Yag Asitleri
Fitness Food	Herbal Products	Hypernutricious Food	Konjuge Linoleik Asit

Fonksiyonel gıdalar üzerindeki ilk araştırmalar, 1980’lerin başında Japonya’da “gıda fonksiyonlarının geliştirilmesi ve sistematik analizler” üzerinde gerçekleştirilen 86 araştırma projesinin “Japon Hükümeti” tarafından desteklenmesiyle başlamıştır. Daha sonra 1980’lerin sonunda ve 1990’ların başında Japon Hükümeti (Ministry of Education) “Gıda Fonksiyonlarının Fizyolojik Düzenlemelerinin Analizi” ve “Fonksiyonel Gıdaların Analizi ve Moleküler Düzeyde Tasarım” üzerine belirtilen çalışmaları desteklemiştir. 1991 yılında ise gıdaların sağlıklı yaşam için kullanımı (Foods for Specific Health Use=FOSHU) kavramı ortaya çıkmıştır (Roberfroid, 2000).

Amerika’da 1990’larda Gıda ve İlaç Teşkilatı (Food and Drug Administration) FDA, fonksiyonel gıda bileşenlerinin, hastalıkların önlenmesi ve iyileştirilmesinde önemli bir etken olduğunu kabul etmiştir (Roberfroid, 2000).

Uluslararası Gıda Enformasyon Konseyi (IFIC - The International Food Information Council) fonksiyonel gıdaları, “temel beslenme gereksinimlerinin ötesinde sağlık açısından çeşitli faydalar sağlayan gıdalar olarak tanımlamaktadır.” (Konar, 2008).

Avrupa Birliği (AB)’nde fonksiyonel gıdaların gelişim süreci, uluslararası bir sivil toplum kuruluşu olan ILSI (International Life Sciences Institute- Uluslararası Yaşam Bilimleri Enstitüsü) tarafından FUFOSA (Functional Foods Science in Europa-Avrupa’da Fonksiyonel Gıda Bilimi) olarak bilinen çalışmalarla 1995’de başlamıştır (Sevilmiş, 2008).

ILSI, çalışmalarında fonksiyonel gıdaları; “fizyolojik olarak aktif gıda bileşenleriyle sağlık üzerinde olumlu etkiler oluşturan gıdalar” olarak tanımlamaktadır. ILSI’nin yapmış olduğu araştırmalar doğrultusunda bir fonksiyonel gıda belirli özelliklere sahip olmalıdır. Bunlar:

- Normal diyetin bir parçası olarak tüketilebilmeli,
- Gıdalarda doğal olarak bulunan bileşenlerden oluşmalı,
- Bilimsel olarak sağlık üzerindeki pozitif etkileri kanıtlanmış olmalıdır (sağlığı arttırıcı yönde etkileri olmalı, hastalık risklerini azaltmalı, yaşam süresine olumlu katkıları olmalı) (Farr, 1997).

Ancak bu tanıma rağmen 2001’de Japonya’da fonksiyonel gıdaların hap ve kapsül şeklinde de olabileceği kabul edilmiştir. Japonya’da hap ve kapsül formunda satılan bazı ürünler nütrosötikler veya diyet takviye ürünleri içerisinde nitelendirilmektedir (Siro et al., 2008).

Türkiye’de fonksiyonel gıdalar 2000’li yıllardan itibaren marketlerde sunulmaya başlamıştır. “5179 No’lu Gıdaların Üretimi, Tüketimi ve Desteklenmesine Dair Kanun Hükmünde Kararnamenin Değiştirilerek Kabulü Hakkında Kanun”da fonksiyonel gıdalar; “besleyici etkilerinin yanı sıra bir ya da daha fazla bileşene bağlı olarak sağlığı koruyucu, düzeltici ve/veya hastalık riskini azaltıcı etkiye sahip, bu etkileri bilimsel ve klinik olarak kanıtlanmış gıdalar” olarak tanımlanmıştır (www.kkgm.gov.tr, 2011).

Tüm bu tanımlar ışığında fonksiyonel gıda bileşenleri, hayati bir makrobesleyici olabilir (sindirimde dirençli bir nişasta ve omega-3 yağ asitleri gibi), günlük önerilen miktarların üzerinde tüketildiğinde sağlığı olumlu yönde etkileyen bir hayati mikrobeseleyici olabilir, fizyolojik olumlu etkileri olan hayati olmayan bileşenler olabilir (oligosakkaritler ve fotokimyasallar gibi) (Kwak and Jukes, 2001).

Fonksiyonel gıda adı altında geliştirilen ilk ürünlere genellikle C vitamini, E vitamini, folik asit, çinko, demir ve kalsiyum eklenmiştir. Daha sonraları gerçekleştirilen fonksiyonel gıda çalışmalarında ise gıdalara daha çok omega-3 yağ asitleri, bitki sterol/stanol, koenzim Q10 ve çözünebilir özellikteki lifli yapıların eklendiği görülmektedir. Elde edilen çalışmalarda hedeflenen, bir tek gıda ile birçok sağlık sorununu giderecek çözümler üretebilmektir (Alaşalvar ve Pelvan, 2009).

Yapılan bilimsel araştırmalar göz önüne alındığında günlük beslenmede fonksiyonel özelliği olan besinlerin tüketilmesi; kardiyovasküler ve gastrointestinal sisteme ait birçok sağlık sorununun azaltılabileceğini, kanser ve menopoza ilişkin bulguların oluşturduğu riskleri azaltılabileceğini, osteoporozun önlenilebileceğini ve göz sağlığını korumaya yardım edebileceğini göstermektedir (Hasler, 2002). Bitkisel yağlarda bulunan sterol/stanolun kolesterol düşürücü özelliğe sahip olması, fenol ve karotenoidlerce zengin sebze ve meyve tüketimi, oksidatif strese koruyarak kronik hastalık riskini azaltması, lifli yiyeceklerin sindirimi kolaylaştırarak bazı kanser türlerinin oluşmasını önlemesi, kan şekeri ve kolesterol seviyesini düzenlemesi, omega-3 yağ asitlerince zengin hayvansal gıdaların tüketilmesi kolesterol düzeyinin düşürmesi, koroner hastalıkların önlenmesine yardımcı olması fonksiyonel gıda bileşenlerinin sağlığa olumlu etkileri arasında gösterilebilir (Kasabalı, 2007). Fonksiyonel gıda bileşenlerinin örnekleri ve sağlığa etkileri Çizelge 2.2.'de verilmiştir (Güven ve Gülmez, 2006).

Çizelge 2.2. Fonksiyonel gıda bileşenleri ve olası sağlık etkileri (Güven ve Gülmez, 2006)

Kerotonoidler		
Kaynak	Sınıf/Bileşik	Olası Sağlık Etkisi
Havuç, bazı meyveler	Beta-karoten	Hücelere zarar veren serbest radikalleri nötralize eder
Karalâhana, ıspanak, mısır, yumurta, turuçgiller	Lutein, Zeaxanthin	Sağlıklı görünüm devamına katkı sağlar
Domates ve işlenmiş domates ürünleri	Likopen	Prostat sağlığına katkıda bulunur
Diyet (fonksiyonel ve tamamı) lifler		
Buğday kepeği	Çözünmeyen lif	Sindirim sistemi sağlığına katkıda bulunurlar
Yulaf kepeği unu	Beta glukan	Koroner kalp hastalığı (KKH) riskini azaltırlar
Psyllium tohumu kabuğu	Çözünen lif	KKH riskini azaltırlar
Tahıl tohumlar	Tohumlar	KKH ve kanser riskini azaltır, sağlıklı kan glikoz düzeyine katkıda bulunurlar
Yağ Asitleri		
Ağaçta yetişen sert kabuklular	Tekli doymamış yağ asitleri	KKH riskini azaltırlar
Ceviz, keten	Çoklu doymamış yağ asitleri	Zihinsel fonksiyonlara ve görme fonksiyonlarına katkıda bulunur
Sığır ve kuzu et, bazı peynirler	(PUFAs)-Konjuge Linoik asit (CLA)	Vücut gelişimi ve bağışıklık sistemi fonksiyonlarına katkıda bulunur
Flavonoidler		
Kabuklu meyveler, kiraz, vişne, kırmızı üzüm	Antosiyadinler	Antioksidan savunmayı destekler, beyin fonksiyonlarına yardımcı olur
Çay, kakao, çikolata, elma, üzüm	Katekinler, epikatekinler	Kalp sağlığına yardımcı olur
Truçgiller	Flavanonlar	Hücreleri hasara uğratan serbest radikalleri nötralize eder, antioksidan savunmayı destekler
Soğan, elma, çay, brokoli	Flavononlar	Hücreleri hasara uğratan serbest radikalleri nötralize eder, antioksidan savunmayı destekler
İzotiyosyanatlar		
Karnabahar, brokoli, brokoli filizi, lahanana, karalâhana, bayırturpu	Sulforafen	Zararlı bileşiklerin detoksifikasyonunu sağlar ve antioksidan savunmayı destekler

Çizelge 2.2. (devam)

Fenoller		
Elma, armut, ağaç meyveleri, bazı sebzeler	Kafeik ve ferulik asit	Antioksidan savunmayı, genel sağlığı ve kalp sağlığını destekler
Bitki stanolleri/sterolleri		
Mısır, soya, buğday, ağaç yağları, fortiye gıdalar ve içecekler	Serbest stanolleri/steroller	KKH riskini azaltırlar
Zenginleştirilmiş kahvaltılık gevrekler, stanol esterleri	Stanol/sterol esterleri	KKH riskini azaltırlar
Prebiyotikler/probiyotikler		
Tahıllar, soğanlar, bazı meyveler, sarımsak, bal, pırasa	İnulin, fruktooligosakkaritler (FOS)	Sindirim sistemi sağlığını artırır.
Yoğurt ve diğer süt ürünleri	Laktobasilliler, bifidobakteriler	Sindirim sistemi sağlığını ve sistemik bağışıklığı destekler
Fitoöstrojenler		
Soya fasulyesi ve soya bazlı gıdalar	İzoflovanlar-Daidzein-Genistein	Kemik sağlığı, beyin sağlığı ve bağışıklık sistem, menopozal sağlığı destekler
Keten, çavdar ve bazı sebzeler	lignanlar	Kalp ve bağışıklık sistem sağlığını destekler
Soya proteini		
Soya fasulyesi ve soya bazlı gıdalar	Soya proteini	KKH riskini azaltırlar
Sülfidler/tiyoller		
Sarımsak, soğan, pırasa, yeşil soğan	Diallyl sulfide, Allyl methyl trisulfide	Zararlı bileşiklerin detoksifikasyonu, kalp sağlığı ve bağışıklık sistemi destekler
Turpgiller	ditiytlionlar	Bağışıklık fonksiyonları destekler
Tanninler		
Yabanmersini, kakao, elma, çilek, üzüm, şarap yerfıstığı, tarçın	proantosiyanidinler	Üriner sistem ve kalp sağlığını destekler

Bir fonksiyonel besin aşağıda belirtilen koşulları karşılayabilmelidir (Coşkun, 2005):

- Bireyin beslenmesine katkıda bulunmalı; sağlığın korunması ve daha iyi duruma getirilmesine yardımcı olmalı,
- Besleyici ve sağlığı olumlu yönde etkileyici özelliklerinin beslenme bilimi ve tıp açısından araştırmalarla desteklenen temelleri olmalı,
- Söz konusu besinin tüketiminin güvenilirliği kanıtlanmış olmalı,
- Söz konusu besin doğal olarak tüketildiği şekilde olmalıdır,
- Söz konusu besin günlük beslenmede sıkça kullanılan bir besin olmalı,

- Tıp ve beslenme bilgilerine dayalı olarak söz konusu besin veya besin ögesi için günlük uygun alım miktarları belirlenmiş olmalı,
- Söz konusu besin bileşenlerinin fizikokimyasal özellikleri, niceliksel ve niteliksel özellikleri belirlenmiş olmalı,
- Söz konusu besin işlenerek fonksiyonel özellik kazanmışsa; besleyici özelliğinde kayıp olmamalıdır.

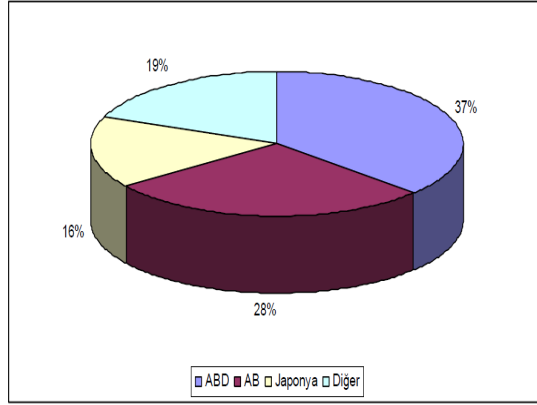
Bir gıdaya; gıdanın içerisinde doğal olarak bulunan ve yararlı fizyolojik etkinliği olan bir bileşiğin konsantrasyonunun artırılmasıyla (enrichment); yararlı fizyolojik etkinliği olan bileşenin gıdaya ilavesiyle (fortification); negatif fizyolojik etkinliği olan bileşenin uzaklaştırılmasıyla; negatif fizyolojik etkinliği olan bileşenin kısmen uzaklaştırılarak, yerine yararlı fizyolojik etkinliği olan bileşenin ilave edilmesiyle veya tamamen ihtiyaca yönelik bileşenlerin üretilmesi yöntemleriyle fonksiyonel gıda olma özelliği kazandırılabilir (Roberfroid, 2000).

Fonksiyonel gıda ürünleri, dünya sağlıklı gıda pazarı içinde önemli bir yer kaplamaktadır. Çizelge 2.3.'de 2005 ve 2006 yıllarında dünya sağlıklı gıda pazarı içerisinde fonksiyonel gıdaların oluşturduğu kısım görülmektedir. 2006 yılında 228,320 milyon \$'lık toplam sağlıklı gıda satışının içerisinde fonksiyonel gıda ürünleri 85,010 milyon \$ ile %37'lik bir alan oluşturmuştur (Sevilmiş, 2008).

Çizelge 2.3. 2005 – 2006 Yılları ürünlere göre dünya sağlıklı gıda pazar durumu (Sevilmiş, 2008)

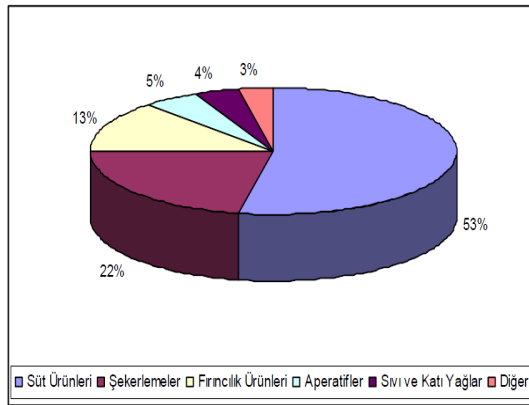
Ürün Kategorileri	2005 (milyon \$)	2006 (milyon \$)	2005 – 2006 Büyüme Oranı (%)
Vitamin ve Mineraller	27,020	28,100	4
Baharat ve Bitkiler	19,000	19,700	4
Diğer Gıda Destekleri	19,280	20,470	6
Toplam Gıda Destekleri	65,300	68,270	5
Doğal ve Organik Gıdalar	49,000	53,780	10
Doğal ve Organik Kişisel Bakım ve Ev Ürünleri	18,790	21,270	13
Fonksiyonel Gıdalar	79,400	85,010	7
Toplam	212,480	228,320	7

Bu Pazar içerisinde (Şekil 2.1.) en %37 ile ABD en büyük payı oluştururken ikinci sırada %28 ile Avrupa Birliği gelmektedir, üçüncü sırada ise %16 ile Japonya gelmektedir (Sevilmiş, 2008).



Şekil 2.1. Ükelere göre sağlıklı gıda pazar durumu (Sevilmiş, 2008)

Şekil 2.2.'de ifade edildiği gibi, fonksiyonel gıda pazarında en çok tercih edilen ürünler süt ürünleridir. Bu ürünler arasında bağırsak fonksiyonlarını rahatlatıcı yoğurt ürünleri, probiyotik, prebiyotikler ve fermente süt içecekleri yer almaktadır. İkinci sırayı %22 ile şekerlemeler, üçüncü sırayı ise %13 ile fırıncılık ürünlerinin takip ettiği görülmektedir (Sevilmiş, 2008).



Şekil 2.2. Fonksiyonel gıdaların ürünler bazında dağılımı (Sevilmiş, 2008)

2007 yılında bir araştırma firmasının hazırladığı “Fonksiyonel ve Diyet Ürünleri” konulu çalışmada Türkiye’deki fonksiyonel gıda ürünleri tüketiminin yaklaşık % 89 olduğu ve pazar payının 420 milyon YTL olduğu belirtilmiştir (Sevilmiş, 2008).

Türkiye’de fonksiyonel gıda ürünlerine olan ilgi son zamanlarda hızlı bir şekilde artış göstermiştir. İlk zamanlarda sağlıklı beslenmede düşük kalorili ürünlerin tüketimine yönelik talep varken, sonraları piyasaya sürülen probiyotik yoğurt, prebiyotik süt, özellikle çocuklar için hazırlanmış Ca açısından zengin bisküvi, meyveli yoğurt vs. ile fonksiyonel gıdalara olan eğilim hızlı bir artışa ulaşmıştır. Bugün Türkiye’deki Danone, Doğadan, GıdaSa, Hero, Otacı, Pınar, Süttaş ve Unilever gibi birçok büyük firma fonksiyonel özellikli gıdalar üretmekte ve piyasaya sunmaktadır. Bu gelişmeler ışığında fonksiyonel gıda pazarının hızlı bir şekilde büyüyeceği görülmektedir (Kimyaevi.org, 2011).

Fonksiyonel gıda biliminde belirlenen ürünlerin etkinliklerinin nasıl bir mekanizma izleyeceği henüz tam olarak belirlenmiş değildir. Bu konunun daha anlaşılır bir hale getirilmesi için daha çok bilimsel çalışma yapılmalı ve yapılan bu çalışmalar mutlaka insan çalışmalarını da içermelidir. Araştırmalar sonucundaki bulgular, sağlığı geliştirme, hastalık risklerini azaltma yönündeki iddiaları bilimsel temeller kapsamındaki doğruları destekler nitelikte olmalıdır. Ürünler hakkında tüketicinin bilinçlendirilmesi son derece önemli olmakla birlikte buna bağlı olarak fonksiyonel gıda ürünlerinin analizlerinin uygun koşullar ve standartlar altında yapıp yapılmadığı ve piyasa analizlerinin mevcut şartlarının kontrolü de oldukça önem taşımaktadır. Bu bağlamda fonksiyonel gıdalar üzerindeki araştırmalar ve teşvikler arttırılmalı, uluslararası düzeyde sağlık etkileri konusunda tüketicinin bilinçlendirilmesi yaygınlaştırılmalıdır.

2.1.1. Probiyotikler

İnsan vücudu trilyonlarca bakteriyi barındıracak bir ekosisteme sahiptir. Vücudun bakterilerin gelişimine uygun olan bölgelerinde farklı tür ve gruplara ait çok sayıda mikroorganizma yer almaktadır (Gültekin, 2001). Temelde bu mikroorganizmalar yararlı ve zararlı olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Sağlıklı bir konakçıda yararlı ve zararlı mikroorganizmalar denge halindedir. Bu yararlı mikroorganizmalar genelde “probiyotikler” olarak adlandırılmaktadır (Alp ve Aslım, 2009).

Probiyotik mikroorganizmalar ürettikleri maddeler sayesinde gıdaların sindirimine yardımcı olurlar, canlıyı patojen mikroorganizmalardan korur ve canlının savunma mekanizmasını destekleyerek floranın dengesini korurlar (Başyiğit, 2004).

Probiyotiklerin uzun bir geçmişi vardır. Probiyotik kelimesi Yunanca olup “yaşam için” anlamına gelmektedir. Probiyotik mikroorganizmaların insan sağlığı üzerindeki olumlu etkileri ilk defa 1908 yılında Nobel ödüllü Rus immunolojist Ellie Metchnikoff’un yapmış olduğu gözlemler sonucunda ortaya konulmuştur (Toprak Kavas, 2007). Metchnikoff, Bulgar çitçilerin yoğurt, kefir, peynir gibi süt ürünlerini tüketimi sonucu daha sağlıklı ve uzun ömürlü olduklarını, bunun sebebinin ise bu ürünlerde bulunan çubuk şeklindeki bakterilerin (*Lactobacillus* spp.) bağırsaktaki mikrofolarayı olumlu şekilde etkilemesi ve toksik mikrobiyel hareketi azaltması olduğunu belirtmiştir (Çakır ve Çakmakçı, 2004).

Bu tarihten günümüze kadar probiyotik kelimesi, etki mekanizmalarına ve insan sağlığı üzerindeki yararlı etkilerine göre birçok farklı anlamda kullanılmıştır. Probiyotik, terim olarak ilk kez 1954 yılında Ferdinand Vergi tarafından antibiyotik ve flora üzerindeki antimikrobiyal maddelerin patojen olmayan yararlı etkileriyle ilişkisinin anlatıldığı bir çalışmada “Probiotika” olarak kullanılmıştır (Tonguç, 2006). Daha sonra probiyotik terimi 1965 yılında Lilly ve Stillwell tarafından diğer mikroorganizmaların gelişimini destekleyen maddeleri tanımlamak için kullanılmıştır (Alp ve Aslım, 2009). Probiyotikler için yapılan tanımlar 1970’li yılların başlarında genişletilerek mikrobiyal gelişmeyi destekleyen doku ekstraktları için de kullanılmaya başlamıştır. 1974 yılında Parker probiyotik kelimesini, bağışıklık sisteminin mikrobiyal dengesine katkıda bulunan madde ve organizmalar, olarak tanımlamıştır (Başyiğit, 2004). Bugün probiyotikler için kullanılan tanım Fuller (1989) tarafından geliştirilmiş olup probiyotik terimi; “bağırsak sisteminin mikrobiyal dengesini geliştirerek konakçı sağlığı üzerinde yararlı etkileri olan canlı mikrobiyal diyet destekleyicisi” anlamında kullanılmıştır. Probiyotik kelimesinin tanımına Avrupalı bilim insanları son şeklini vermiş olup, “besinler ile belirli miktarlarda alındığında bağırsak florasını dengeleyip konakçının sağlığını olumlu

yönde etkileyen canlı mikroorganizmalar” şeklinde tanımlamaktadır (Roberfroid, 1996; Çakır ve Çakmakçı, 2004).

Bir mikroorganizmanın probiyotik olarak kabul edilebilmesi için çeşitli özelliklere sahip olması gerekir. Bunlar:

- Güvenilir olmalıdır. İnsan veya hayvanlarda kullanıldığı zaman herhangi bir yan etki oluşturmamalıdır.
- İnsan kaynaklı olmalıdır.
- Bağırsak hücrelerine tutunabilmeli ve bağırsaklarda kolonize olabilmelidir.
- Stabil olmalıdır. Ağız yoluyla alındığında etkili olabilmeli ve bunun için düşük pH, asit ve safra tuzları gibi olumsuz çevre koşullarına direnç göstererek bağırsakta metabolize olmalıdır.
- Canlı olmalı, besinlere ilave edildiğinde canlılığını kaybetmemeli ve aktivitesini koruyabilmelidir.
- Konak için patojen olmamalı, normal florayı bozmadan patojen bakterileri inhibe etmelidir.
- Antimikrobiyal maddeler üretmelidir.
- Antibiyotiklere karşı dirençli olmalıdır. Antibiyotiğe bağlı ortaya çıkan hastalıklarda bağırsak florasını düzenlemek için kullanılabileceğinden, bağırsaklarda bulunan antibiyotiklerden etkilenmemelidir.
- Çok suşlu ürünlerin hazırlanmasına uygun olmalıdır (Gismondo and Drago, 1999; Gionchetti et al., 2001; Salmien et al., 2002; Başığit, 2004).

Günümüzde özellikle Japonya, Uzakdoğu ülkeleri ve Avrupa Birliğine üye olan birçok ülkede probiyotik kapsamlı ürünlerin kullanımı giderek daha yaygın hale gelmiştir (Lee et al., 1999). Amerika Birleşik Devletleri’nde ise son zamanlarda sağlıklı beslenme bilincinin giderek artması, fonksiyonel gıdalara dolayısıyla probiyotik ürünlere olan ilgiyi daha da arttırmıştır (Başığit, 2004). Probiyotikler, genellikle yoğurt ve diğer fermente ürünlere ilave edilerek kullanılmaktadır. Fakat son yıllarda bu bakteriler içeceklere katılarak, tablet şeklinde, kapsül olarak ve dondurarak kurutma yöntemiyle marketlerde satılmaya başlamıştır. Bu gün dünya pazarlarında 70’den fazla *Bifidobacterium bifidus* ve *L. acidophilus* içeren; ekşi

krema, yayık altı, yoğurt, süttezu ve dondurulmuş tatlılar gibi ürünler bulunmaktadır. Araştırmalar sonucu sadece Japonya'daki marketlerde probiyotik organizma içeren 53'den fazla süt ürününün olduğu belirlenmiştir. Probiyotik bakterilerin etki sürelerinin uzun olmasından dolayı fermente ürünlerin üretiminde genellikle yoğurt bakterileriyle birlikte kullanılırlar (Sağdıç ve ark., 2004). Bütün bunlara ek olarak probiyotikler, doğal olmaları, hayvanlara herhangi bir zarar vermemeleri, sindirim kanalında absorbe olmamaları gibi özellikleri sayesinde hayvanlarda sindirim sistemi ile ilgili bazı hastalıkların korunma ve tedavisinde, buzağı ve kuzuların doğumdan itibaren 28 günlük dönem boyunca (neonatal dönem) hastalıklarında, beslenmeye bağlı ishallerde ve çeşitli stres faktörlerinden kaynaklanan sorunların önlenmesi ve tedavi edilmesinde başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (Karademir, 2003).

Probiyotik olarak nitelendirilen mikroorganizmalar, genel anlamda bakteriyel mikroorganizmalar veya maya hücreleri olarak iki gruba ayrılabilir (Alp ve Aslım, 2009). Farklı cinslere ait birçok mikroorganizma probiyotik olarak kullanılabilir. Dünyada yaygın olarak kullanılan probiyotik bakteriler Çizelge 2.4.'de verilmiştir. Laktik asit bakterileri, enterokoklar, laktobasiller ve bifidobakteriler en yaygın olarak kullanılan bakterilerdir. Özellikle laktobasiller probiyotik olarak kullanılan bakterilerin en önemlilerindedir (Tok ve Aslım, 2007). Probiyotiklerin keşfinden itibaren laktobasillerin probiyotik olarak kullanımının avantajları konusunda birçok araştırmanın yapılması laktobasillerin en çok tercih edilen probiyotik olmasının gerekçelerini açıklamaktadır (Gürsoy ve ark., 2005). Bununla birlikte, son zamanlarda, probiyotik olarak kullanılan bakterilerin, insan kaynaklı olmasının önemi vurgulanmaktadır. Probiyotiklerin insan kaynaklı olması, bu mikroorganizmaların buldukları ortama daha kolay uyum sağlamaları ve konak canlı ile olan ilişkilerini en doğru şekilde gerçekleştirmeleri açısından önem taşımaktadır (Fuller, 1989)

Çizelge 2.4. Probiyotik olarak kullanılan mikroorganizmalar (Sağdıç ve ark., 2004)

<i>Lactobacillus sp.</i>	<i>Bifidobacterium sp.</i>	Diğer laktik asit bakterileri	Laktik asit bakterisi olmayan diğer bakteriler
<i>L. acidophilus</i>	<i>B. adolescentis</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>	<i>Bacillus cereus</i> var. <i>Toyo</i>
<i>L. amylovorus</i>	<i>B. animalis</i>	<i>Enterococcus faecium</i>	<i>Escherichia coli</i> Nissle
<i>L. casei</i>	<i>B. bifidum</i>	<i>Lactococcus lactis</i>	<i>Propionibacterium</i>
<i>L. crispatus</i>	<i>B. breve</i>	<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	<i>freudenreichii</i>
<i>L. delbrueckii</i> ssp.	<i>B. infantis</i>	<i>Pediococcus acidilactici</i>	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
<i>Bulgaricus</i>	<i>B. lactis</i>	<i>Sporolactobacillus inulinus</i>	<i>Saccharomyces boulardii</i>
<i>L. gallinarum</i>	<i>B. longum</i>	<i>Streptococcus salivarius</i> ssp.	
<i>L. gasseri</i>		<i>Thermophilus</i>	
<i>L. johnsonii</i>			
<i>L. paracasei</i>			
<i>L. plantarum</i>			
<i>L. reuteri</i>			
<i>L. rhamnosus</i>			

Probiyotikler, konak canlıyı patojenlere karşı koruyarak ve bağışıklık sistemini güçlendirerek etki gösterirler (Vural ve Çelen, 2005). Probiyotiklerin etki mekanizmasını açıklamaya yönelik çalışmalar, bağırsak florasının düzensizliğiyle ortaya çıkan gastrointestinal sistemdeki bozukluklar göz önüne alınarak yapılmaya başlanmıştır (Salminen et al., 1999). Probiyotiklerin etki mekanizmaları için özellikle üç mekanizma önerilmektedir (Fuller, 1991;; Salminen et al., 1999; Yücesan, 2002; Başığit, 2004; Alp ve Aslım, 2009). Bunlar:

- 1) Patojen ve zararlı bakterilerin sayılarını azaltmak,
 - a. Antimikrobiyal bileşikler üretmeleri,
 - b. Besin elementleri için rekabet etmeleri,
 - c. Kolonizasyon bölgeleri için rekabet etmeleri,
- 2) Mikrobiyal metabolizmayı (enzimatik aktiviteyi) değiştirmek,
 - a. Sindirim sistemini teşvik eden enzimlerin üretimi (örneğin; laktaz),
 - b. Amonyak, amin veya toksik enzimlerin üretiminin azalması,
 - c. Bağırsak duvarının fonksiyonlarını iyileştirmesi,
- 3) Bağışıklık sistemini iyileştirmek,
 - a. Antikor düzeyinin artması,
 - b. Makrofaj aktivitesinin artmasıdır.

Probiyotiklerin bu etkileri bakterinin suşuna, uygulanan dozuna, kullanım zamanına ve kullanım şartlarına göre değişebilir. Probiyotiklerin 22-25° C’de ve kuru bir yerde depolanması gereklidir. Depolama sıcaklığı 30°C’yi aşmamalıdır. Demir ve bakır gibi iyonlar, özellikle K vitamini gibi yüksek yoğunluktaki vitaminler, antibiyotikler, bazı oksidatif ajanlar ve bazı koruyucu maddeler probiyotikler üzerinde olumsuz etkiye sahiptir (Karademir, 2003).

Probiyotiklerin insan sağlığı üzerinde kanıtlanmış olumlu etkileri vardır (Gibson and Roberfroid, 1995). Bu özellikler Çizelge 2.5.’de kısaca özetlenmiştir (Karahan ve Güvener, 1999).

Çizelge 2.5. Probiyotiklerin yararlı etkileri ve etki mekanizmalarının temeli (Karahan ve Güvener, 1999)

Yararlı Etkileri	Etki Mekanizması
Laktoz sindirimine katkı	Bakteriyel laktaz ve laktozun sindirimi
Enterik patojenlere karşı direnç	Bağışıklık salgılama etkisi, kolonizasyon direnci, intestinal sistemin patojenleri için uygun olmayan koşullara değişimi, toksin bağlama bölgelerinin yapısal değişimi, intestinal flora popülasyonları üzerindeki etki, intestinal mukozada agregasyon oluşturarak patojenlerin bağlanmasını engelleme, patojenlerin epitel hücrelere bağlanmasını engellemek.
Bağışıklık sisteminin düzenlenmesi	Enfeksiyon ve tümör oluşumuna karşı spesifik olmayan savunma mekanizmasını güçlendirir. Antijene özgü immün yanıtı yardımcı etki, IgA üretimini artırılması
Kalp lipidleri ve kalp hastalıkları	Kolesterolün bakteri hücresi içinde asimilasyonu, safra tuzu hidrolazın dekonjugasyonu ile safra tuzlarının atılımını arttırmak, antioksidasyon etkisi
Hipertansiyonu önleyici etkisi	Peptidazın süt proteinleri üzerinde etkisi sonucu oluşan tripeptidler anjiotensin-1 enzim dönüşümünü inhibe etmesi, hücre duvarı bileşenlerinin anjiotensin-1 enzim inhibitörleri gibi davranması
Ürogenital enfeksiyonlar	Üriner ve vajinal bölge hücrelerine adezyon, bölgeye güçlü kolonize olabilme, inhibitör üretimi (H ₂ O ₂ , biyosülfaktan)
<i>H.pylori</i> ’nin neden olduğu enfeksiyonlar	<i>H. pylori</i> inhibitörlerinin (laktik asit, bakteriosin v.b.) üretimi
Hepatic ensefalopati	Üreaz üreten bağırsak florasının inhibisyonu

Probiyotik mikroorganizma suşlarının sınıflandırılması ve seçiminde üzerinde onaylanmış belirli ölçütler yoktur. Bir mikroorganizmanın probiyotik olarak seçilebilmesi için sahip olması gereken bazı kıstaslar vardır (Çizelge 2.6.). Günümüzde satılan probiyotiklerin birçoğu bu kıstaslar göz önünde bulundurularak seçilir. Sağlık açısından yararlı etkileri belirlenebilen ve fonksiyonel özellikleri olan suşlar elde etmek için bu kıstaslara sahip suşların seçilmesi gerekmektedir (Çakır ve Çakmakçı, 2004).

Çizelge 2.6. Probiyotik seçim ölçütleri (Çakır ve Çakmakçı, 2004).

Probiyotik türün özelliği	Açıklama
İnsanlar için kullanılacak ürünlerde insan kaynaklı suşların kullanımı	İnsan merkezli olmasına rağmen insanlar için kullanılan <i>Saccharoniyces boulardii</i> gibi bir örneğe rağmen türe bağlı sağlık etkileri açısından bu özellik önem taşımaktadır.
Asit ve safra tuzlarına direnç	Diğer kullanımlar için olmasa bile ağızdan yapılan uygulamalarda mikroorganizmanın canlı kalma, metabolik aktivitesini devam ettirme ve tutunabilme özelliklerinin sürdürülebilmesi önemlidir.
Mukozal yüzeylere tutunma	Bağışıklık sisteminin güçlendirilmesi, patojenlerle yarışmalı rekabet, tutunmanın engellenmesi ve kolonizasyonun engellenmesi açısından önemlidir.
Gıda ve klinik amaçlı kullanımlarda güvenilirlik	Suşların doğru tanımlanmaları ve özelliklerinin belirlenmesi. İntestinal sistemde mukozal yapıya zarar vermeyen suşların kullanılması.
Klinik olarak kanıtlanmış ve sağlık üzerine olumlu etki	Her bir farklı suşun veya ürünün minimum etki dozunun belirlenmesi ve çok tekrarlı canlı denemelerinin gerçekleştirilmesi

Probiyotik bakterilerin günlük tüketilmesi gereken en düşük doz tam olarak bilinmemesine rağmen, sağlık üzerine yararlı etki gösterebilmesi için yaklaşık 10⁹-10¹⁰ kob/g canlı mikroorganizma taşıması ve dışkıda 10⁶-10⁸ kob/g düzeyinde olması gerektiği tahmin edilmektedir (Berg, 1998). Minimum doz belirlenirken probiyotik bakterilerin bağırsak sisteminde canlı kalabilme yeteneği üzerinde durulması gereken önemli bir konudur. Sindirim sistemine daha kolay uyum sağlayan probiyotikler, daha zor uyum sağlayanlara göre daha düşük dozlarda kullanılabilir (Berrada et al., 1990).

Fonksiyonel gıdaların bir parçası olarak düşünülen probiyotiklerin insanlarda mide ve bağırsak sisteminde önemli etkilerinin bulunduğu bilinmektedir. Probiyotik

bakterilerin sağlığa olumlu etkileri hakkında birçok kaynak bulunmaktadır. Yapılan çeşitli araştırmalar sonucunda probiyotiklerin, farklı nedenlerden kaynaklanan bağırsak rahatsızlıkları, *Helicobacter pylori* kaynaklı mide rahatsızlıkları, laktoz intoleransı, kolon kanseri, alerjik reaksiyonlar ve yüksek kolesterol seviyeleri gibi çeşitli rahatsızlıklar üzerinde olumlu etkilerinin olduğu belirlenmiştir (Alp ve Aslım, 2009).

2.1.2. Prebiyotikler

Yaşam sũresinin uzun olduğu bazı toplumlarda beslenmeyle alınan kısa zincirli frũkto-oligosakkaritlerin tũketiminin fazla olması prebiyotik kavramının ortaya çıkışında önemli bir etkiye sahip olmuştur (Coşkun, 2006).

Vũcudumuz için faydalı olan probiyotik mikroorganizmaların beslenmesi için prebiyotikler gereklidir. Bağırsak florasının desteklenmesi için genelde iki temel yol vardır. Bunlar; probiyotik alınması veya prebiyotik tũketererek bağırsaklarda bulunan yararlı mikroorganizmaların çoğalmasını ve gelişmesini arttırmaktır (Gibson and Roberfroid, 1995). Bağırsak florasının desteklenerek geliştirilmesine bağlı olarak hem konak için sağlıklı bir durum yaratılmış olup hem de bazı hastalıkların tedavisi ve önlenmesi mũmkũn hale gelmiştir (Gibson, 2004). Bu sayede insan intestinal mikroflorasının besinler ile dũzenlenmesi besin biliminde yeni gelişmelere yol açmıştır (Yılmaz, 2004).

Prebiyotikler; “kolondaki bir veya sınırlı sayıdaki bakterinin bũyũmesi veya aktivitesini seçici olarak dũzenleyerek konak organizmayı olumlu yũnde etkileyen, sindirilemeyen gıda bileşeni” olarak tanımlanır (Roberfroid, 1998; Tannock, 1999).

Bir besin bileşeninin prebiyotik olarak kabul edilebilmesi için belirli özelliklerinin olması beklenir. Bunlar:

- Sindirime dirençli olmalı,
- Kolondaki mikroflora bakterileri tarafından hidroliz edilebilmeli,
- Konakçı sağlığı üzerinde olumlu etkileri olmalı,

- Bağırsakta bulunan yararlı bakteriler tarafından kullanılabilirdir (Schrezenmeir et al., 2001; Gibson, 2004;).

Besinlerde kullanılan prebiyotik çeşitleri; laktuloz, inulin, frükto-oligosakkaritler (FOS), galakto-oligosakkaritler (GOS), izomaltooligosakkaritler, soya fasulyesi oligosakkaritleri, laktosükroz, ksilo-oligosakkaritlerdir (Çizelge 2.7.). Üzerinde en çok çalışılmış ve etkinliği onaylanmış prebiyotikler: frükto-oligosakkaritler (FOS), inulin, galakto-oligosakkaritler (GOS) ve laktulozdur (Collins and Gibson, 1999; Tomasik, 2003).

Prebiyotiklerden inulin tipi fruktanların, şeker ve yağ yerine kullanılabilirdiği, fermente süt ürünlerinde kıvam kazandırıcı, tat verici olarak kullanıldığı, jeller, dondurma benzeri yiyecekler, ekmek, pasta, bisküvi gibi ürünlerde, bebek mamalarında kullanıldığı bilinmektedir (Roberfroid, 2000).

İnulin, frükto- ve galakto-oligosakkarit gibi karbonhidratlar kolon bakterileri için substrat görevi görürler. İn vitro olarak yapılan çalışmalarda prebiyotikler olarak kullanılan oligofruktoz ve inulinin, kolondaki yararlı mikroflora (*Lactobacillus*, *Bifidobacterium* gibi) tarafından seçici olarak kullanıldığı, toksin üreten *Clostridium*'lar, proteolitik Bakteriodlar ve toksik *E. coli* gibi potansiyel patojen mikroorganizmaların çoğalmasını engellediği ispatlanmıştır (Gibson and Roberfroid, 1995).

Çizelge 2.7. Besinlerde bulunan prebiyotik çeşitleri (Kızıl ve Arslan, 2009)

Prebiyotik Oligosakkarit	Örüntüsü
Frukto-oligosakkarit (FOS)	$\beta(2,1)$ bağlı früktoz
İnulin	$\beta(2,1)$ bağlı früktoz
galakto-oligosakkaritler (GOS),	[Galaktoz $\beta(1, n3/4/6)$]laktoz
Gentio- oligosakkaritler	$\beta(1,6)$ bağlı glikoz
Laktuloz	Galaktizol $\beta(4,1)$ früktoz
Laktosükroz	Lakto-frukto-oligosakkaritler
İzomaltooligosakkaritler	[Glikoz $\beta(1, n6)$]früktoz
Soya fasulyesi oligosakkaritleri	Rafinoz ve stakinoz karışımı
Ksilo-oligosakkaritler	$\beta(1,4)$ bağlı ksiloz

Bu prebiyotik çeşitlerinin yaygın olarak bulunduğu besin maddeleri; soğan, muz, sarımsak, pırasa, arpa, buğday, yulaf gibi bütün tahıllı ürünler, kuşkonmaz, domates, enginar, bal, yer elması gibi besinlerdir (Van Loo et al., 1995).

Kolona kadar değişikliğe uğramadan gelen prebiyotikler, burada bifidobakteriler tarafından hidroliz edilir ve hidroliz sırasında “betafrüktofuranozidaz” enzimi görev alır. Fermantasyon işlemi sonunda temel son ürünler; CO₂, H₂, CH₄, kısa zincirli yağ asitleri ve diğer organik asitlerdir (Roberfroid, 2000; Cherbut 2002; Cummings and MacFarlane, 2002). Prebiyotikler, intestinal mikroflorada karbon kaynağı olarak kullanıldıklarında temel olarak laktik asit, asetik asit, bütirik asit ve propiyonik asit gibi kısa zincirli yağ asitlerini üretirken valerat, kaproat, izobütirat ve izo-valerat gibi yağ asitlerini de üretir (Cummings et al., 1987).

Üretilen bu kısa zincirli yağ asitlerinin sağlığımız açısından birçok yararlı etkisi vardır. Asit ortamında yararlı mikroorganizmalar çoğalabilirken hastalıklara sebep olan patojen mikroorganizmalar çoğalamaz. Kısa zincirli yağ asitleri bağırsak pH'ını düşürerek bu ortamda mineral ve özellikle de kalsiyum emiliminin daha iyi olmasını sağlar. Fermantasyon sonucunda açığa çıkan bileşikler bağırsak epitel hücreleri için de enerji kaynağı oluşturur (Gibson and Roberfroid, 1995).

Kısa zincirli yağ asitlerinin her birinin ayrı bir etki mekanizması vardır. Propiyonik asit, hepatik yağ asidi sentezini inhibe ederek serum LDL düzeyini düşürür. Asetat kuvvetli bir asit olmasından dolayı bağırsak pH'ını düşürür. Bütirat ise kolon hücrelerinin yakıtı olarak kullanılır, kanserli hücrelerin çoğalmasını kontrol altına alarak kolon kanserine etki eder (Coşkun, 2006). Bunlara ek olarak prebiyotiklerin fermantasyonu sonucunda ortaya çıkan metabolitlerin:

- Kolonistlerin beslenmesini sağlayarak enerji ihtiyacını karşılaması,
- Sodyum adsorpsiyonunu arttırması,
- Mukoza kan akışını arttırması,
- Kan kolesterol düzeyini azaltması,
- Bağışıklık sistemini düzenlemesi,
- Hücre çoğalmasını düzenlemesi,

- Hücre farklılaşması ve karsinogenez üzerine olumlu etki göstermesi gibi birçok faydası vardır (Yılmaz, 2004; Coşkun, 2006).

Prebiyotiklerin yararlı etkileri arasında; patojen bakterilerin çoğalmasını inhibe etmesi, ishalin gelişme riskinin ve kolon kanserinin riskini azaltması, mineral adsorpsiyonunu arttırması, serum trigliserid düzeyini, hayvan deneylerinde postprandial glikoz ve insülin düzeylerini düşürmesi de gösterilebilir (Gibson and Roberfroid, 1995).

2.1.3. Sinbiyotikler

Sinbiyotik terimi; probiyotik ve prebiyotiklerin birleşimini ifade eder (Gibson and Roberfroid, 1995). Sinbiyotik bir ürün belli kimyasal formülden çok fonksiyonel gıda olarak düşünülebilir. Fermente edilmiş süt (yoğurt, kefir vb.) sinbiyotiklere verilecek en iyi örneklerden biridir (Wikipedia the Free Ansiklopedia, 2011). En iyi sinbiyotik kombinasyonunu; bifidobakteri ve frükto-oligosakkarit (FOS), *Lactobacillus GG* ve inülin ve bifidobakteri ve laktobasil ile FOS veya inulinin meydana getirdiği bileşenler oluşturmaktadır (Gülmez ve Güven, 2002). Yapılan bazı araştırmalar bazı bakterilerin (özellikle bifidobakterilerin) gelişmesi için özel beslenme koşullarına ihtiyaç duyulduğunu göstermiştir. Prebiyotiklerin özel besin veya gıdalara ilavesiyle belirtilen bakterilerin daha iyi artış göstereceği belirlenmiştir (Coşkun, 2006).

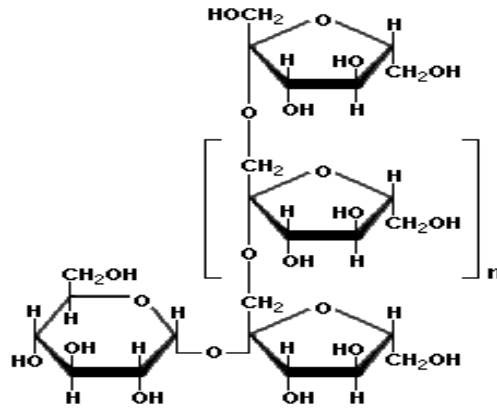
Sinbiyotiklerin, probiyotikler yerine kullanılmasının temel sebebi, prebiyotik bir besin olmaksızın sindirim sisteminde probiyotiklerin tek başına hayatta kalmalarının zor olmasıdır. Probiyotiklerin bağırsakta yaşayabilirliğinin artması için, zararlı bakterilerin üremesinin azaltılması ve yararlı bakterilerin hızla üreyebilmesi için sinbiyotikler önemlidir. Probiyotiklerin hayatta kalabilmesi için gerekli besinler olmadan bu probiyotik mikroorganizmaların düşük pH, oksijen ve sıcaklığa karşı dayanıklılıkları büyük oranda azalmaktadır buna ek olarak yerine geçebilecek diğer bakterilerle de rekabet etme düzeyi düşmektedir. Bu yüzden sinbiyotik ürünler tek başına probiyotik veya bir prebiyotikten daha iyi bir verim sağlarlar (İnnvista, 2011).

2.1.4. İnulin

En iyi bilinen prebiyotik örneklerinden biri; inulin tipi fruktanlar, inulin ve frükto-oligosakkaritlerdir. İnulin, düz zincirli β -(2 \rightarrow 1) bağlarıyla bağlı fruktoz molekülleri ($n\sim 35$) ile uçta sükroz molekülünden bir polifruktan yapısıdır. (Edelman ve Jefford, 1964). Şekil 2.3.'de inulinin kimyasal yapısı verilmiştir (Genç, 2007). Lifler sınıfına ait, polimerizasyon derecesi (bağlı früktoz birimi sayısı) 60'a ulaşan doğal bir polisakkarittir. İnulindeki früktoz birimleri beta-(2-1)-glikozidik bağıyla bağlanırlar. İnulin tipi fruktanlar, yapılarında bulunan früktoz monomerlerindeki anomerik karbonunun (C_2) β -konfigürasyonundan dolayı insanların ince bağırsaklarında hidroliz olmazlar bu özellikleri sayesinde "sindirilemeyen" oligosakkaritler olarak sınıflandırılırlar (Delzenne ve Roberfroid,1994; Roberfroid ve Slavin, 2000). İnulin genel olarak köklerde ve kök saplarında bulunur ve gerektiğinde birçok bitki tarafından enerji sağlamak amacıyla kullanılabilir (Kim et al., 1997; Cho et al., 2001).

İnulinler (n: früktoz birimi sayısı, py: piranoz)

- Terminal glikozlu ise; beta-D-glikopiranozil-[beta-D-fruktofuranosil]_(n-1)-D-fruktofuranoz ($G_{py}F_n$) olarak,
- Glikoz içermiyorsa; beta-D-früktopiranozil-[D-früktofuranosil]_(n-1)-D-fruktofuranoz ($F_{py}F_n$) olarak adlandırılır (Wikipedia the Free Ansiklopedia, 2011).



Şekil 2.3. İnulinin kimyasal yapısı (Genç, 2007)

Suda çözünebilirlik, fermente edilebilirlik vb. özelliklerinden dolayı inulinin çözünebilir nişasta yapısında olmayan polisakkarit (NOP) gibi davranış gösterdiğine inanılmaktadır (Meehye, 2002). İnulinin NOP'lerden ayırıcı özelliği, seçici bir şekilde bakteri gelişimini uyarmasıdır. İnulin; sindirim kanalında *bifidobacteria*, *lactobacilli* ve belli başlı bütirik asit üreten yararlı bakterilerin gelişmesini seçici olarak uyarırken (Hold et al., 2003) aynı zamanda *Clostridium perfringens* gibi patojenik bakterilerin çoğalmasını da durdurabilmektedir (Zentek et al., 2003). İnulin ve oligofruktozlar *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* türleri gibi normal bağırsak florası tarafından diğer grup bakterilere göre daha etkin olarak kullanılabilir. Bu mikroorganizmalar inulin ve oligofruktozu fermente ederek kısa zincirli yağ asitleri (KZYA) ve laktat oluşturarak patojenik mikroorganizmaların gelişimini sınırlayacak asidik bir ortam yaratmaktadırlar (Aşan ve Özcan, 2006).

İnsan vücudunda nişastanın sindirimini sağlayan enzimlerden pitalin ve amilaz inulini sindiremez. Bu yüzden, inulin sindirim sisteminden parçalanmadan geçer. İnulini metabolize edebilen bakteriler sadece kolonlardaki bakterilerdir. Düzenli olarak kullanıldığında inulinin, kolondaki bifidobakterilerin gelişimini arttırdığı bilinmektedir. Buna karşın *Bacteroides*, *Clostridia* ve *Escherichia coli* gibi patojen üzerinde inhibitör etki gösterir (Roberfroid and Delzenne, 1998).

İnulin ilk olarak 1804'de Alman bilim adamı, Rose tarafından *Inula heleniu*'un kaynayan sudan ekstraksiyonu ile "bitki kökünün kendine özgü bir maddesi" olarak izole edilmiştir ve bu madde 1818'de Thomson tarafından "inulin" olarak adlandırılmıştır. 1864'de Alman bitki fizyolojisti; Julius Sachs; *Dahlia*, *Helianthus* kökleri ve *Inula helenium*'un köklerindeki inulin küresel kristal yapısını tespit edebilmek için mikroskop kullanan ve fruktanlar üzerine araştırma yapan ilk bilim insanıdır (Franck and De Leenheer, 2005).

İnsanlar tarafından tüketilen hindibadan inulinin ilk temel üretimi, mide, karaciğer ve böbrekler üzerinde yararlı etkileri olduğuna inanan "Pedanios Dioscoride" tarafından gerçekleştirilmiştir. 1874'de Külz tarafından yapılan araştırmalarda günlük 50-120 gramlık dozlarda inulin tüketen diyabetli hastaların idrarında şekerin olmadığı tespit

edilmiştir. 19. yüzyılın sonlarında yapılan çalışmalarda günlük 40-100 gramlık dozlarda saf inülin tüketen diabet hastalarının daha sağlıklı olduğu ortaya konmuştur (Franck and De Leenheer 2005).

İnulinin doğal kaynakları; hindiba, andız otu, karahindiba çiçeği, yerelması, yabancı patates, dulavratotu, soğan, sarımsak, pırasadır. Çizelge 2.8.'de inulinin bazı bitkisel kaynakları ve inulin düzeyleri (Franck and De Leenheer, 2005) verilmiştir. Bu bitkilerden hindiba yüksek miktarda inulin içermektedir ve endüstriyel anlamda inulin üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır (De Leenheer ve Hoebregs, 1994). Çizelge 2.9.'da hindibadan elde edilen inulinin özellikleri (Franck, 2002) sunulmuştur. Hindibadan elde edilen inulin tadının acı olmasından dolayı insanlar tarafından doğrudan tüketilemez. İnulin, doğal bir tada ve düşük viskoziteye sahip olduğu için yaygın olarak standart gıda formuna sahip yüksek lifli gıdaların üretiminde, fonksiyonel gıdalarda ve diyet ürünlerinde kullanılabilir (Niness, 1999). Şeker, yağ ve un yerine de kullanılabilir. İnulin, şeker ya da karbonhidrat kalorisinin %75'ini ve yağ enerjisinin %33'ünü içerir. Kan şekeri üzerinde etkisi minimum düzeydedir. Früktozun tersine insülemik değildir ve trigliseriti yükseltmez. Diyabetlerde, trigliseriti düzenler ve kan şekeriyle ilgili hastalıkların kontrolünde yardımcı olur (Hammaddeler, 2011).

Çizelge 2.8. Bazı bitkisel kaynaklar ve inulin düzeyleri (Franck ve De Leenheer, 2005)

Kaynak	Kullanılabilir Kısım	İnulin İçeriği (%)
Soğan	Yumru	2-6
Yerelması	Yumru	14-19
Hindiba	Kök	15-20
Pırasa	Yumru	3-10
Sarımsak	Yumru	9-16
Enginar	Yapraklar ve göbek	3-10
Muz	Meyve	0,3-0,7
Çavdar	Tahıl	0,5-1
Arpa	Tahıl	0,5-1,5
Dulavratotu	Kök	3,5-4,0
Kamas	Yumru	12-22
Yemlik otu	Kök	4-11

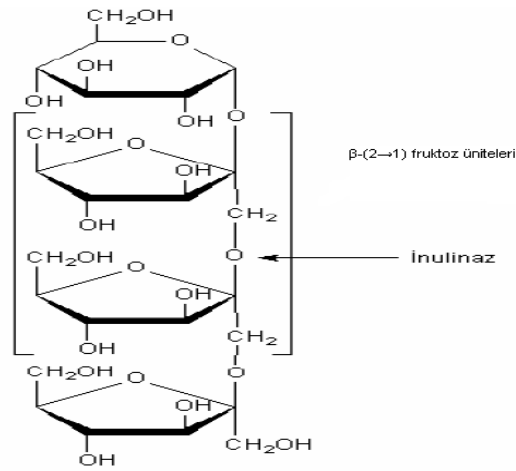
Çizelge 2.9. Hindiba inulin ve yüksek performanslı inulinlerin fiziko-kimyasal özellikleri (Franck, 2002)

Fiziko kimyasal karakteri	Hindiba Inulin	Yüksek Performanslı (HP) Inulin
Kimyasal yapı	GF _n (2<n<60)	GF ⁿ (10<n<60)
Ortalama polimerizasyon derecesi	12	25
Kuru madde (%)	95	95
İnulin/oligofruktoz içeriği (% kuru madde)	92	99.5
Şeker içeriği (% kuru madde)	8	0.5
pH (10% a/a)	5-7	5-7
Sülfatlı kül (% kuru madde)	<0.2	<0.2
Ağır metaller (ppm kuru madde üzerinde)	<0.2	<0.2
Görünüş	Beyaz görünüş	Beyaz görünüş
Tat	Doğal	Doğal
Şeker oranı (sükrozunki 100% iken)	10%	Hiç
25° C 'deki suda çözünürlük (g/l)	120	25
10° C de (%5) lik suda viskozite	1.6	2.4

İnsan ve hayvan sağlığı açısından prebiyotiklerin yararlı etkileri sadece enfeksiyon ve hastalıklara karşı direnci artırmakla ya da bakteriyel fermantasyonla sindirilmeyen besin maddelerinden yararlanılmasını artırmakla sınırlı olmayıp lipid metabolizması üzerinde de yararlı etkiler yaratabildiği belirtilmektedir (Van Loo, 2007). Örneğin gönüllü insanlar üzerinde yapılan denemelerde inulinin serum kolesterol düzeyini azalttığı görülmüştür (Davidson et al., 1998; Brighenti et al., 1999). Aynı şekilde inulinin fare (Trautwein et al., 1998) ve köpeklerde (Diez et al., 1998) de kolesterol düşürücü etkisinin olduğu kanıtlanmıştır. Bazı eriyebilir bitki liflerinin hipokolesterolemik etki mekanizmasının nötral steroid ve safra asitlerinin salgılanmasındaki artışa ya da propiyonik asit gibi fermantasyon yan ürünlerinin sentezindeki artışa bağlı olarak karaciğerdeki kolesterol sentezindeki azalışla ilgili olabileceği ileri sürülmüştür (Chen et al., 1984). İnulin üzerine yapılan diğer çalışmalarda sıçanlar ve insanlar üzerindeki deneylerde inulin tipi fruktanların esas olarak kalsiyum ve magnezyum gibi minerallerin emilimini uyardığı ve kemik sağlığı üzerine yararlı etkiler yaratabildiği belirlenmiştir (Scholz-Ahrens and Schrezenmeir, 2002). İnulin tipi fruktanların mineral emilimini uyararak kemik

mineral içeriğinde iyileşme yaratmasının altında yatan mekanizmanın kalın bağırsak ve özellikle sekumda kısa zincirli yağ asitleri (KZYA)'nin fermantasyonu sonucu bağırsak içi pH düzeyinin düşmesi ve buna bağlı olarak minerallerin eriyebilir olmasının sebep olduğu belirlenmiştir (Le Blay et al., 1999).

İnülinin yapısındaki β -(2→1) bağlarını parçalayarak glikoz ve früktoz monomerlerini açığa çıkaran enzim, inülinaz enzimidir (Van Damme and Derycke, 1983). Şekil 2.4.'de inülinaz enziminin etki mekanizması görülmektedir (Özusağlam, 2009).



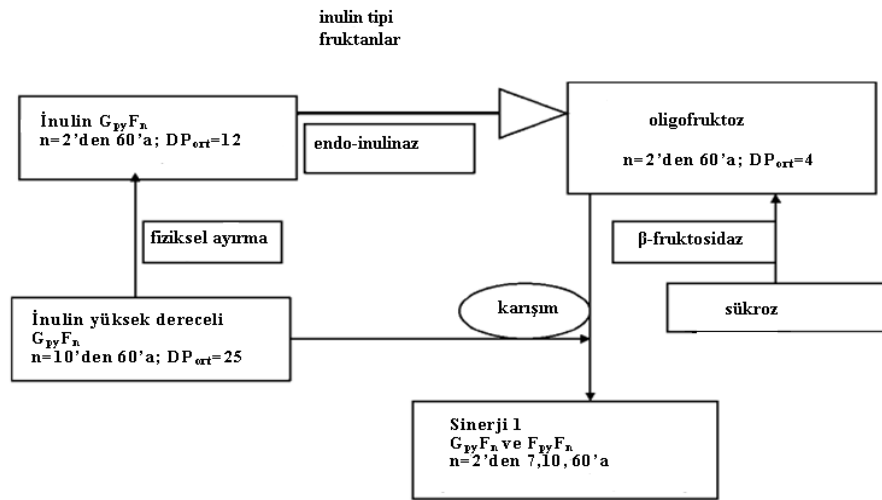
Şekil 2.4. İnülinaz enziminin etki mekanizması (Özusağlam, 2009)

İnülinaz enzimi, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus* ve *Fusarium* gibi funguslar, *Kluyveromyces* gibi mayalar, *Flavobacterium multivorum*, *Bacillus subtilis*, *Arthrobacter sp.*, *Bacillus polymyxa*, *Bacillus stearothermophilus*, *Clostridium thermosuccinogenes* gibi bakteriler ve birçok mikroorganizma türü tarafından sentezlenebilmektedir (Özusağlam, 2009). Bu mikroorganizmalar tarafından sentezlenen inülinaz enziminin etkin olduğu maksimum pH aralığı 3,5- 8,5 aralığıdır, maksimum sıcaklık aralığı ise 28-34 °C arasındadır. Buna karşın bazı özel suşların etkinlik gösterdiği sıcaklık aralığı 40-50 °C dolaylarındadır (Gern et al., 2001).

İnülinaz enzimi ilk defa bitkilerden izole edilerek kullanılmıştır (Allais et al., 1987). İnülin sentezinde görev alan ekzoinülinazlar (*β -D-fructopyranoside fructohydrolase*,

EC 3.2.1.80) uçtaki β -(2→1)-früktofuranosidik bağları parçalarken, endoinulinazlar (β -D-fructanohydrolase EC 3.2.1.7) inulinin içindeki bağlarını hidrolize uğratarak inulo-oligosakkaritlerin oluşmasını sağlar (Özüsağlam, 2009). İnulinin ekzoenulinaz ile hidrolizlenmesi sonucu GRAS statüsüne sahip bir tatlandırıcı olan früktoz şurubu elde edilir (Byun and Nahm, 1978). Früktozun viskozitesi oldukça düşük, çözünürlüğü ise oldukça yüksektir; ayrıca düşük kalorili bir tatlandırıcı olma özelliğine sahiptir. Bu özelliklerinden dolayı sükröz yerine kullanılabilen alternatif bir tatlandırıcıdır (Pandey et al., 1999).

İnulinden, asit hidroliziyle ya da enzimatik hidrolizi (İnulinin kısmi hidroliz mekanizması şekil 2.5.' de özetlenmiştir) yöntemiyle früktoz birimleri elde edilebilir ancak, inulinin yüksek sıcaklıklarda asitle hidrolizlenmesi işlemleri sonucunda difrüktoz anhidrid gibi istenmeyen yan ürün ve renk değişikliği meydana gelebilmektedir, buna bağlı olarak da elde edilen verim düşük olmaktadır (Matsumoto and Yamazaki, 1986). Endüstriyel anlamda inulinden früktoz elde edilmesinde karşılaşılan bir diğer sorun ise; inulinin soğuk suda çözünme özelliği olmayıp 55 °C'de ancak %5 oranında çözünebilmesidir. İnulinin hidrolizinden yüksek oranda verim sağlamak ve karşılaşılan sorunları ortadan kaldırmak için hidroliz işlemi inulinin çözünürlüğünün yüksek olduğu 60 °C gibi sıcaklıklarda gerçekleştirilmelidir (Vandamme and Dercyke, 1983; Allais et al., 1987).



Şekil 2.5. İnulinin kısmi hidroliz mekanizması (Roberfroid, 2005)

2.1.5. Frükto-oligosakkaritler

Frükto-olisakkaritler, bir glikoz veya früktoz birimine bağlı früktoz ünitelerinin birleşmesinden oluşur (Gibson and Roberfroid, 2008). İnulinlerin hidrolize edilmesiyle, polimerizasyon derecesi 2-10 arasında değişen düşük molekül ağırlıklı oligomerler, yani frükto-oligosakkaritler meydana gelir. Molekül formülü $C_{6n}H_{10n+2}O_{5n+1}$ 'dir. Molekül ağırlığı n'e bağlıdır. Oligofruktoz olarak da bilinen (Niness, 1999) FOS'lar sindirilememeleri, tatlandırıcılık özellikleri ve prebiyotik özelliklerinden dolayı son yıllarda beslenme alanında önemli bir yer edinmiştir (Roberfroid and Slavin, 2000).

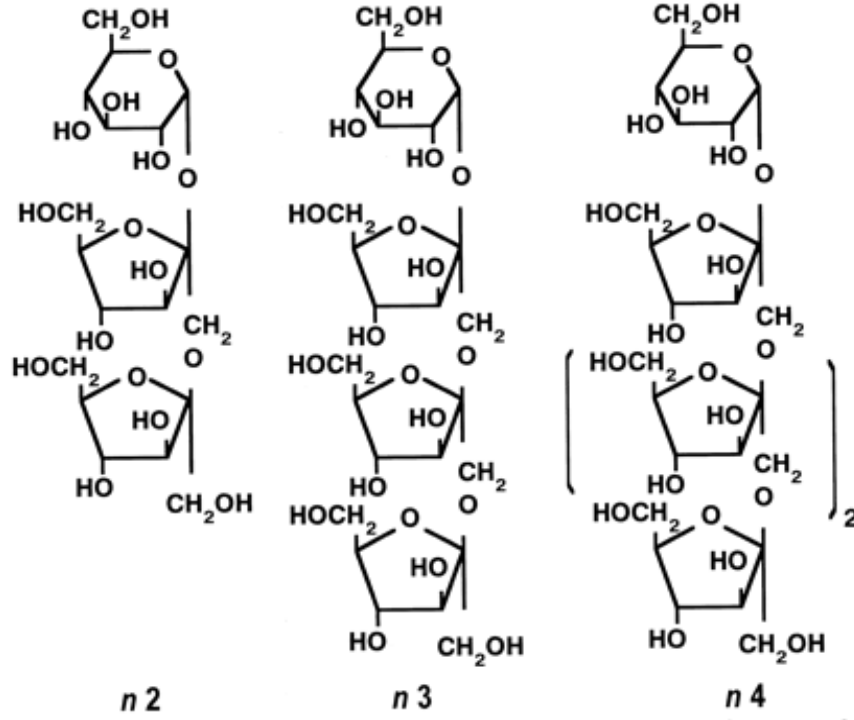
Frükto-oligosakkaritler;

- α -(1-2) ile bağlı bir glikoz ünitesi, iki früktoza bağlandığında 1-kestoz (GF_2),
- üçüne bağlandığında nistoz (GF_3),
- dördüne bağlandığında 1^F -frükto-fronozilnistoz (GF_4) (Şekil 2.6.) vb. olarak adlandırılır (Hammaddeler, 2011).

FF_m - tipindeki frükto olisakkaritler “inulo- oligosakkaritler” olarak da bilinmektedir (Roberfroid and Delzenne 1998). GF_n ve FF_m - tipi moleküllerin her ikisinin de prebiyotik özellikleri, bifidobakteriler tarafından aynı oranlarda fermente edilebilmesinden dolayı benzerdir (Yıldız, 2011).

Yapıdaki diğer birimler β (1-2) glikozidik bağı ile bağlanır. 1-Kestoz en küçük FOS bileşenlerinden bir tanesidir. İzokestoz veya 1,1-kestotrioz olarak da isimlendirilmektedir (Lewis, 1993). Değişik frükto-oligosakkaritlerin kimyasal yapısı şekil 2.6'da gösterilmiştir (Elrayeh, 2006). Molekül yapılarındaki glikozit bağlarıyla bağlı früktoz yapısındaki anomerik karbonun (C_2) β -konfigürasyonundan dolayı insan sindirim enzimleri tarafından sindirilemezler (Gibson and Roberfroid, 2008).

Früktozil-glikoz bağı daima β -(2 \leftrightarrow 1) şeklinde iken früktozil-früktoz bağları β -(2 \rightarrow 1) yapısındadır. Frükto-oligosakkaritler; bağlı olan molekülün türü (GF_n , $2 \leq n \leq 9$ ve FF_m , $1 \leq m \leq 9$) ve sayısına (polimerizasyon derecesi, dp) bağlı olarak adlandırılırlar (Waterhouse and Chatterton, 1993).



Şekil 2.6. Değişik frukto-oligosakkaritlerin kimyasal yapısı (G:glukoz, F:fruktoz, n veya m moleküllerdeki fruktoz sayısını göstermektedir) (Elrayeh, 2006)

Frukto-oligosakkaritlerin bulunduğu temel besin kaynakları arasında buğday, soğan, muz ve sarımsak, pırasa, yerelması, hindiba, yabani soğan, kuşkonmaz ve bezelye yer almaktadır. Arpa ve çavdar gibi bazı tahıllar da FOS içermektedir (Cho et al., 2001).

Günlük bir diyetle Kuzey Amerika'da 75 kg ağırlığındaki bir insanın günde 1-4 gram FOS tükettiği, Avrupa' da ise ortalama FOS tüketiminin 3-11 gram olduğu saptanmıştır. Günde 4-10 gram FOS tüketildiğinde bifidojenik etki görüleceği ve bir porsiyon pırasa yemeği, bir küçük boy muz, bir küçük boy soğan ve sarımsak tüketimin günlük prebiyotik gereksinimini karşıladığı bildirilmektedir (Moshfeg et al., 1999).

FOS'lar fermente olduklarında kalsiyum, magnezyum gibi minerallerin emilimlerini artırmakta, serum glikoz ve kolesterol düzeyini azaltmaktadır (Gibson and Roberfroid, 1995; Tannock, 1999). Fermantasyonları sonucu oluşan kısa zincirli yağ asitleri (bütirat, propiyonat, asetat), sodyum ve su emilimini artırmakta ve gastrointestinal sistemin düzenlenmesinin yanı sıra, mukozanın kan akımını artırarak,

kolon epiteli üzerinde etki göstermektedir. FOS'lar sahip oldukları probiyotik özellikten dolayı FDA (Food and Drug Administration-Gıda ve İlaç Kurumu) tarafından GRAS (Generally Recognized As Safe-Güvenli Olarak belirlenmiş) statüsüne sahip bir bileşen olarak tanımlanmıştır (Godshall, 2007).

FOS'in kanıtlanmış sağlık etkileri şunlardır:

- Üst gastrointestinal sistemde ya hidrolize olur ya da emilir (Molis et al., 1996),
- Kolondaki bakterilerin gelişimini destekler, patojenik olanları inhibe eder (Roberfroid, 1998),
- Lipidemi ve/veya kolesterol düzeylerini azaltır (Roberfroid and Delzenne, 1998),
- Kalsiyum, magnezyum, fosfor, demir emilimini artırır (Itsaranuwat, 2003),
- Kanseri oluşturan hücreleri inhibe eder (Nzeuseu et al., 2006),
- Osteoporozu önler ve kemikleri güçlendirir (Tungland and Meyer, 2002),
- Kardiyovasküler hastalık riskini azaltır (Roberfroid, 2000),
- Obezite riskini azaltır ve 2. tip diyabeti önler (Franck, 2002),

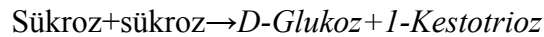
Frükto-oligosakkaritler teknolojik özellikleri ve besin değerlerinden dolayı gıda endüstrisinde sıklıkla kullanılmaktadır. Çizelge 2.10.'da FOS'ların yiyecek ve içeceklerdeki kullanımı özetlenmiştir (Franck, 2002). FOS; ekmek ve tahıllı ürünlerde nemi muhafaza etmek için, çerez ürünlerinde gevrekliği arttırmak, raf ömrünü uzatmak için kullanılmaktadır. Dondurulmuş gıdalarda kolay üretim sağlamaktadır. Şeker ve glikozun tüm teknolojik özelliklerini taşımaktadır ve çoğu zaman sadece küçük bir uyum işlemi gerektirmektedir (Franck, 2002).

Hindiba ve yer elması yüksek derecede inulin ve FOS içerdiğinden ticari anlamda FOS hindiba köklerinden sıcak su ile ekstrakte edilerek elde edilir. İnulinin kısmi olarak hidrolizlenmesi (endoinulinaz EC 3.2.1.7 kullanılarak) veya asidik yöntemle FOS üretilebilmektedir. Üretilen bu FOS bileşiklerinin polimerizasyon derecesi 6-7 arasında olmaktadır.

Çizelge 2.10. Frükto-oligosakkaritlerin gıdalarda kullanımı (Franck, 2002)

Kullanım alanı	Fonksiyonellik	Dozaj (%w/w)
Süt ürünleri	Şeker ve yağ ikamesi, tatlandırıcılarla sinerjistik etki oluşturma, yapıyı iyileştirme, köpük stabilitesini sağlama, lif ve prebiyotik	2-10
Dondurulmuş tatlılar	Şeker ve yağ ikamesi, donma noktasını düşürme tatlandırıcılarla sinerjistik etki oluşturma, lif ve prebiyotik	5-12
Fırınlanmış gıdalar ve ekmek	Lif ve prebiyotik, nemin muhafazası, şeker ikamesi	2-25
Kahvaltılık gevrekler	Lif ve prebiyotik, gevreklik	2-15
Meyveli içecekler	Şeker ikamesi, tatlandırıcılarla sinerjistik etki oluşturma, yapıyı iyileştirme, lif ve prebiyotik	5-50

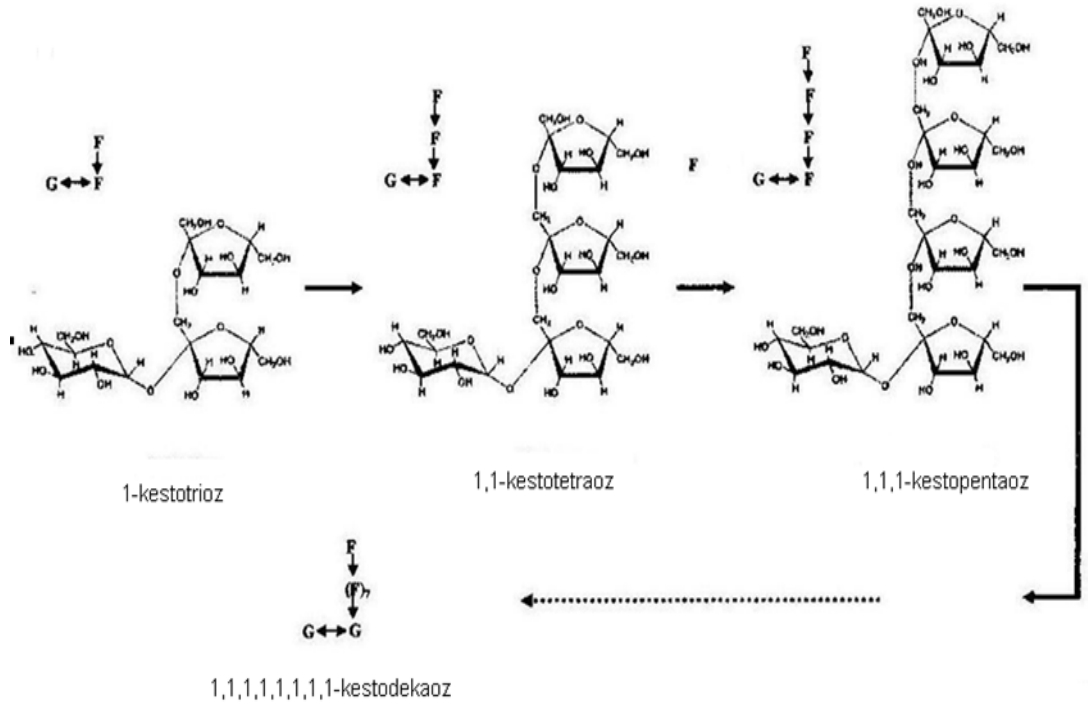
Fruktooligosakkaritlerin sentezinden sorumlu iki temel enzim vardır. Bunlardan birincisi; verici sükroz yapısından alıcı sükroz yapısına früktozil gruplarını transfer ederek 1-kestotrioz üreten sükroz:sükroz früktozil transferaz (1SST) (EC 2.4.1.99) enzimidir. 1 SST enzimi sadece iki sükroz ile çalışır. Dolayısıyla reaksiyon:



şeklinde gerçekleşir. Frükto-oligosakkaritlerin sentezinden sorumlu bir diğer temel enzim ise; polimerizasyon derecesini arttıran 1-früktofuranozil transferaz (1FFT) (EC.2.4.1.100) enzimidir. Bu enzim diğer FOS bileşenlerinin üretilmesini sağlar ancak bu enzim sükrozdan 1-kestoz üretmez. Katalizlediği reaksiyon ise :

$$(1,2\text{-}\beta\text{-früktozil})_m + (1,2\text{-}\beta\text{-D-früktozil})_n \rightarrow (1,2\text{-}\beta\text{-D-früktozil})_{m-1} + (1,2\text{-}\beta\text{-Dfrüktozil})_{n+1}$$

reaksiyonudur. Bu iki enzim genel anlamda birçok bitkide bulunmaktadır. Oraftinin elde edildiği *Cichorium intybus* (hindiba) bitkisinde en çok GF_n türü FOS bileşeninin mevcut olduğu bildirilmektedir (Yıldız, 2011).



Şekil 2.7. GF_n tipi FOS'ların mekanizması (Yıldız, 2011)

2.2. Zeolitler

Zeolit, ilk kez 1756 yılında İsveçli mineralog Fredrich Cronstedt tarafından mineral grubu olarak tanımlanmıştır (Meier, 1968). 200° C'ye kadar ısıtıldığında köpürmesi nedeniyle Yunanca "kaynayan taş" anlamına gelen "Zeolite" diye isimlendirilmiştir (Polat ve ark., 2005).

Zeolit türlerinin sahip oldukları kristal yapılarının çözülmesi 1930'lu yıllara dayanmaktadır. 1927 yılında x-ışınları kırınımının, mineralleri tanımlamak amacıyla kullanılmaya başlanmasından sonra, ilk kez 1930 yılında Taylor tarafından zeolitin kristal yapısı belirlenmiştir (Dikmen, 2008). Daha önceleri doğada bulunan zeolitin oldukça az miktarda olduğu yönünde tahminler yapılmıştır. Bu durum göz önüne alınarak Birleşmiş Karpit Anonim Şirketi (Union Carbide Corporation)'nin 1948'de başlattığı ilk araştırmalar olumlu yönde sonuçlar vermiş ve böylelikle yapay zeolitler üretilmeye başlanmıştır (Danabaş, 2009). Zeolit, ticari olarak 1960'lardan sonra

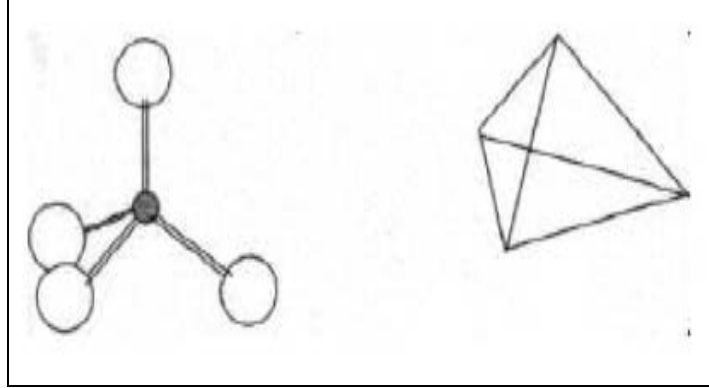
üretilip pazarlanmaya sunulmuştur. Ülkemizde ise varlığı ilk defa 1971 yılında tespit edilmiştir (Ayan, 2001).

Daha sonraları gerçekleştirilen çalışmalarda 150'yi aşkın zeolit yapısı bulunmuştur. Bu zeolit çeşitlerinden 40'ı doğal formda, geriye kalan zeolit çeşitleri ise yapay formdadır. Analsim, kabazit, klinoptilolit, erionit, ferrierit, heulandit, laumontit, mordenit ve fillipsit yaygın olarak bulunan doğal zeolit türleridir. Zeolit A, X, Y ve ZSM-5 ise en çok üretilen yapay zeolit türlerindedir (Alp, 2005; Tepe ve ark., 2005). Yapay zeolit üretiminin pahalı olmasından dolayı zaman içerisinde doğal yatakların bulunması için çalışmalar hızlandırılmış ve sonuçta dünyanın birçok yerinde önemli zeolit yataklar tespit edilmiştir (Aybal, 2001).

Günümüzde dünyada ilk sırayı 61000 ton zeolit üretim kapasitesiyle Japonya almaktadır. Türkiye'de milyarlarca tonluk zeolit rezervlerin olduğu tespit edilmiştir. Ankara – Polatlı – Mülk – Oğlakçı Bölgesi ile Bigadiç, Şaphane, Gediz, Emet, Gördes Bölgeleri zeolit yataklarının yoğun olarak bulunduğu bölgelerdir. Bu yataklardan sadece Ankara – Polatlı Bölgesi'nde yer alan yatakta, analsim ve klinoptilolit türü zeolite birlikte rastlanmaktadır. Doğanstepe Bölgesi'nde klinoptilolite ek olarak mordenit türü zeolite de rastlanmaktadır (Sarioğlu, 2005). Diğer yataklarda ise sadece klinoptilolit bulunduğu bildirilmiştir (Aybal, 2001; Sarioğlu, 2005). İlk yapılan denemelerde, ülkemizde bulunan zeolit minerallerinin birçok alanda kullanılabilir özelliğe sahip olduğu bildirilmiştir. Ancak, gereken ilginin tam olarak gösterilmemesinden dolayı bu mineral kaynaklarından yeterli miktarda fayda sağlanamamıştır (Danabaş, 2009).

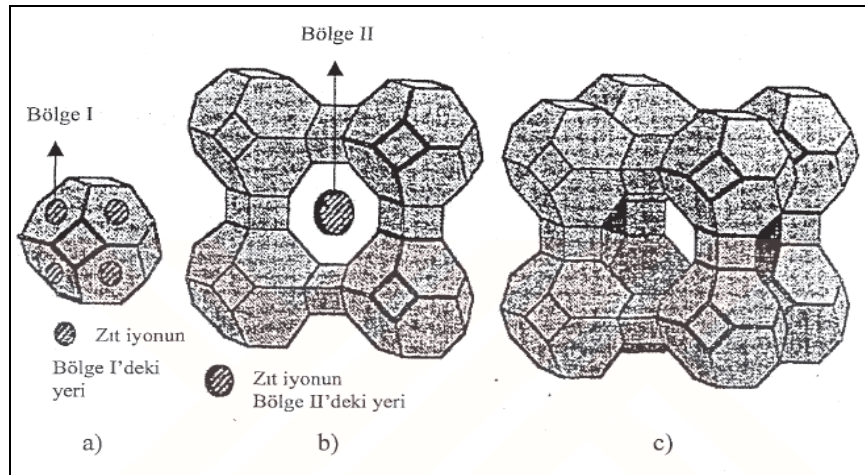
Zeolitler, alkali ve toprak alkali metal katyonları ile su molekülleri içeren alüminyum silikat kristal yapıdadırlar. Kristal iskelet yapısı alüminyum, silisyum ve oksijenden meydana gelmektedir ve bu kristal iskelet yapısının en küçük yapı birimi $[\text{SiO}_4]^{-4}$ veya $[\text{AlO}_4]^{-5}$ dörtyüzlüsüdür (Olgun, 2004). $[\text{SiO}_4]$ ve $[\text{AlO}_4]$ dörtyüzlüsü şekil 2.8.'de verilmiştir (Alpan, 2007). Zeolitler, iskelet yapısındaki Si/Al oranları ile katyon türü ve miktarlarındaki değişikliklere rağmen, $“(M^{+1}, M^{+2})_{y/d}[(\text{Al}_y\text{Si}_{x-y})_x\text{O}_{2x}].n\text{H}_2\text{O}”$ genel formülüyle gösterilirler (Özkırım ve Yörükoğulları, 2005). Burada M^{+} , bir alkali katyon ve genellikle Na^{+} veya K^{+} , nadiren de Li^{+} ; M^{+2} ise bir

toprak alkali katyondur ve genellikle Mg^{+2} , Ca^{+2} , Fe^{+2} , nadiren de Ba^{+2} , Sr^{+2} , dur (Aybal, 2001).



Şekil 2.8. $[SiO_4]$ ve $[AlO_4]$ dörtyüzlüsü (Alpan, 2007).

Zeolitlerin iskelet yapısındaki birincil yapı ünitelerinin birleşmesi ile tek ve çift halkalı ikincil yapı üniteleri meydana gelir. Bunlarında üç boyutta, farklı şekillerde birleşmesi sonucunda ise zeolitin bal peteğine benzeyen, gözenek ve kanallarını içeren, kristal yapısı oluşur (Alpan, 2007; Danabaş, 2009). Şekil 2.9.'da zeolitin kristal yapısı detaylı olarak gösterilmiştir (Olgun, 2004). Şekil 2.10.'da zeolitin fiziksel yapısı ve değişik tane boyutlu ürünler verilmiştir (Ayan, 2001).



Şekil 2.9. Zeolitin kristal yapısının gösterimi a) Hegzagonlardan oluşan oktahedran yapı içerisindeki zıt iyonların yerleştiği β kafesi (Bölge I). b) 8 üyeli halkadan oluşan ve zıt iyonun α kafesine (Bölge II) erişimini sağlayan pencere. c) α kafesini oluşturan birimlerin kübik yapısı (Olgun, 2004).



Şekil 2.10. Doğal zeolit ve değişik tane boyutlu ürünler (Ayan, 2001).

Bu kanallar zeolitlerin en önemli yapısal özelliğidir (Vedrine, 1992). Zeolitlerin kanal boşluğu 2-12 °A arasında değişir. Oluşan kanal boşluklarının hacmi toplam hacmin genellikle % 20-50'si arasındadır (Alpan, 2007; Demirel ve ark., 2010). Çizelge 2.11.'de bazı zeolit türleri ve gözenek boyutları verilmiştir (Olgun, 2004).

Çizelge 2.11. Bazı zeolit türleri, gözenek çapları ve bozunma sıcaklıkları (Olgun, 2004)

Tip	Birim hücre Bileşimi	Boşluk Hacmi (ml/ml)	Gözenek Çapı (°A)	Isıl bozunma sıcaklığı (°C)	Si/Al oranı
Zeolit A	$\text{Na}_{12}(\text{AlO}_2)_{12}(\text{SiO}_2)_{12}$	0,47	4,2	700	1
Zeolit X	$\text{Na}_{86}(\text{AlO}_2)_{86}(\text{SiO}_2)_{106}$	0,50	7,4	772	1,23
Zeolit Y	$\text{Na}_{56}(\text{AlO}_2)_{56}(\text{SiO}_2)_{40}$	0,48	7,4	793	2,43
Mordenit	$\text{Na}_8(\text{AlO}_2)_8(\text{SiO}_2)_{136}$	0,28	6,7x7,0	1000	5,0
Zeolit ZSM-5	$(\text{Li},\text{Na})_2(\text{AlO}_2)_2(\text{SiO}_2)_{3,2m}$	0,53	-	-	>10
Klinoptilolit	$\text{Na}_6(\text{AlO}_2)_6(\text{SiO}_2)_{30}$	0,34	8(3,3x4,6) 10(3,0x7,6)	-	5
Silikat-1	$\text{Si}_{96}\text{O}_{192}\text{F}_4(\text{TPA})_4$	-	5,4	-	∞

Zeolitler 350-400°C'ye kadar birkaç saat ısıtılırsa, yapısında bulunan su gözeneklerden ayrılır. Kanallardan geçebilecek büyüklükte olan moleküller kanal içerisine sızarak gözenek yüzeylerine tutunurlar. Zeolit yapıya giremeyecek daha

büyük moleküller ise dışarıda kalırlar. Bu olay zeolitlerin, “moleküler elek” görevi yaptığını ifade eder. Bu özellikleri sayesinde zeolitler genellikle iyi bir adsorban olarak kullanılır (Alp, 2005; Dikmen, 2008).

Zeolit mineralleri yapısındaki su moleküllerini ortama verebildikleri gibi, geri de alabilirler. Zeolitten su moleküllerinin uzaklaşması sırasında, elektrik yük dengesinin de etkisiyle zeolitin yapısındaki katyonlardan bazıları da dışarıya atılabilmektedirler. Zeolitin iyon değiştirme kapasitesi, yapısında ne kadar az katyon bulundurursa o oranda artar (Danabaş, 2009). Zeolitlerin katyon değişim özellikleri belirli parametrelere bağlıdır. Bunlar:

- Zeolitin kristal yapısı,
- Katyonun cinsi, boyutu, yükü,
- Çözeltideki katyonun derişimi,
- Çözeltide katyonla birleşen anyonun türü,
- Sıcaklık ve çözücü türüdür (Akdeniz, 1999).

2.2.1. Zeolitlerin kullanım alanları

Zeolitler, karakteristik özelliklerinden dolayı ticari anlamda birçok alanda kullanılmaktadır. Zeolitlerin bu özellikleri:

- Kristal yapılar içerisindeki düzgün moleküler boyutlu kanal sistemleri,
- Katyon değişim özellikleri,
- Gaz ve su buharı adsorpsiyonu,
- Katalitik özellikleri,
- Elektriksel iletkenlik,
- Yüksek hidratasyon enerjisi, düşük yoğunluk ve boşluk hacmi şeklinde sıralanabilir (Alp, 2005).

Zeolitlerin endüstrideki kullanım alanları; kirlilik kontrolü, enerji, tarım-hayvancılık, maden-metalürji ve diğer alanlar olmak üzere 5 ana bölümde toplanabilir (Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, 2001).

2.2.1.1. Kirlilik kontrolü

İyon değiştirme ve adsorpsiyon özellikleri sayesinde, zeolitler kirlilik kontrolünde giderek artan bir kullanım alanına sahiptir (Dikmen, 2008).

- a. **Radyoaktif Atıkların Temizlenmesi:** Nükleer santral atıklarından kaynaklanan ve çevre sağlığı açısından tehdit oluşturan Sr^{90} , Cs^{137} , Co^{60} , Ca^{45} gibi izotoplar, zeolitler tarafından tutulabilmektedirler. Böylece atık sudan alınan radyoaktif atıklar, zeolitlerle birlikte gömülerek etkisiz hale getirilebilir. Bu alanda, klinoptilolit ve mordenit gibi asitlere dayanıklı zeolitler kullanılmaktadır (Faghıhian et al., 1999).
- b. **Atık Suların Temizlenmesi:** Őehir ve endüstri tesislerinin atık sularında bulunan azot bileşikleri (özellikle amonyum) ve metal iyonları (Pb, Cd, Fe, Cu, vb.) balık ve diğer su faunasına toksik etki yapmanın yanı sıra bu faunanın beslenmesi için gerekli alglerin üremesini de engellemektedir. Bu nedenle atık sularda bulunan azot ve istenmeyen bazı ağır metal katyonları (örneğin Pb^{+2}) zeolitler tarafından tutulmaktadır. Bu alanda klinoptilolitin kullanılmasıyla azotun fazlası tutularak zararsız hale getirilir (Öter, 2002).
- c. **Baca Gazlarının Temizlenmesi:** Zeolitlerin adsorplayıcı özellikleri ile petrol ve kömür kullanan tesislerin bacalarından çıkan CO_2 , SO_2 ve diğer kirletici gazlar ayrılabilir. Mordenit ve klinoptilolitin bu alandaki uygulamalarda oldukça iyi sonuçlar verdiği yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur (Çetinel ve ark., 1996).
- d. **Petrol Sızıntılarının Temizlenmesi:** Bu alanda aktifleştirilmiş zeolit, genleştirilmiş perlit, sodyum karbonat, tartarik asit ve %20 metilsiloksan içeren bir bağlayıcıyla peletlenmiş halde kullanılmaktadır. Özgöl ağırlığı $0,5 \text{ gr/cm}^3$ ve yağ adsorblama kapasitesi $0,97 \text{ gr}$ olan bu malzeme, 200 saat suda yüzebilme ve adsorblama özelliği sayesinde yüzeydeki petrolü temizleyebilmektedir (Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, 2001)
- e. **Oksijen Üretimi:** Su ve hava kirliliğinin neden olduğu oksijen azlığı yaşam için önemli bir sorun oluşturmaktadır. Akarsu ve göllerdeki oksijen eksikliği, bu ortamlarda yaşayan balık ve bitkilerin nesillerinin tükenmesine sebep olurken

kapalı bir mekândaki oksijen azlığı insan sağlığını tehdit etmektedir. Bu gibi durumlarda zeolitlerin azotu seşimli adsorplama özelliklerinden yararlanarak bu ortamlara oksijen bakımından zenginleştirilmiş hava sağlanabilmektedir. Oksijen üretiminde, daha çok sentetik zeolitlerden yararlanılmaktadır. Doğal zeolitlerden özellikle mordenit, bazı klinoptilolitler ve şabazit de kullanılabilir (Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, 2001)

2.2.1.2. Enerji

Doğal zeolitlerin enerji sektöründe en önemli kullanım alanları; doğal gazın saflaştırılması ve susuzlaştırılması, havadan oksijen ve azot eldesi, biyogazın saflaştırılması, güneş enerjisini depolama-soğutma yer alır. Doğal zeolit kullanarak havanın bileşenlere ayrılmasının temelinde, zeolit yüzeyinin azotu, oksijene göre tercih etmesi önemli bir etken oluşturmaktadır (Dikmen, 2008).

Zeolitlerin sıcaklığa bağlı olarak su verip alma özelliklerinden yararlanarak, klinoptilolit ve şabazitin güneş enerjisinin transferinde ısı değiştirici olarak kullanılması mümkündür (Yörükoğulları, 1997).

2.2.1.3. Tarım ve hayvancılık

Tarım ve hayvancılıkta zeolitli tüfler, klinoptilolit ve mordenit türü zeolit mineralleri kullanılmaktadır (Mumpton, 1999). Zeolit minerallerinin tarım ve hayvancılık alanındaki kullanım alanları:

- Gübreleme ve toprak hazırlanması,
- Gübrelerin içeriğinin kontrol edilerek kötü kokularının giderilmesi,
- Ortamdaki su moleküllerini adsorplama özelliğinden yararlanarak gübrelerde depolama sırasında sertleşmeyi sağlayarak bozulmanın geciktirilmesi (Reháková et al., 2004; Alp, 2005)

- Zeolit minerallerinin bulunduğu ortamlardaki amonyum iyonunu bağlayıp, bu bileşiğin bitkiler tarafından daha etkin bir şekilde kullanılmasını sağlayarak gübreden tasarruf edilmesi (Alp, 2005; Zorpas et al., 2008),
- Yüksek iyon değiştirme ve su moleküllerini bağlama özelliği sayesinde, çoğunlukla kil bakımından fakir topraklarda, toprağın tarım için hazırlanması ve ıslahının yapılması (Alp, 2005).
- Besicilikte yem katkı maddesi olarak kullanılması (Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, 2001)

2.2.1.4. Madencilik ve metalurji

Zeolitlerden maden yataklarının aranması ve metalurjide de yararlanılmaktadır. Cevher yataklarının oluşumlarının açıklanmasının yanı sıra, maden aramalarında da kullanılabilir. Madencilik ve metalurjik faaliyetlerden ortaya çıkan atık suların içerdiği bazı ağır metal iyonları, doğal zeolitlerin katyon değiştirme özelliklerinden faydalanılarak arıtılabilmektedir (Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, 2001)

2.2.1.5. Diğer kullanım alanları

Zeolitlerin diğer kullanım alanları ise; kâğıt endüstrisi, inşaat sektörü, sağlık sektörü ve deterjan sektörüdür (Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, 2001)

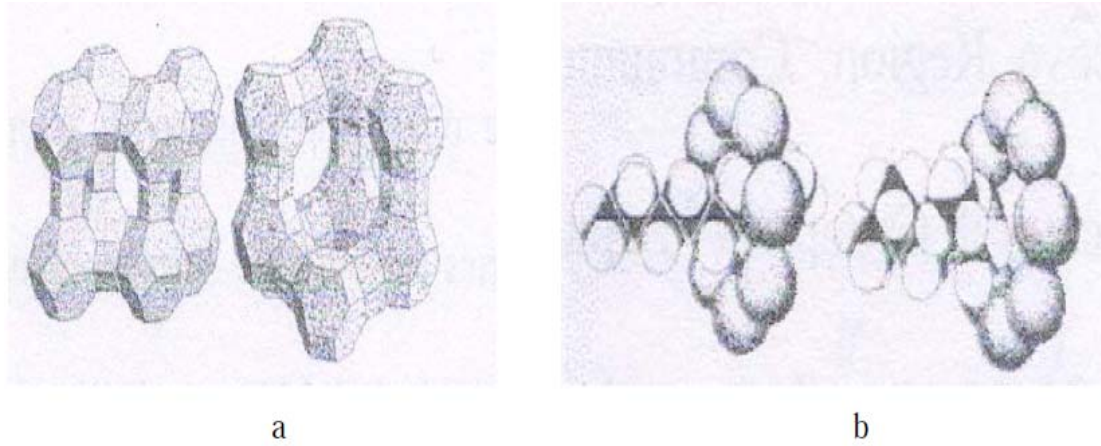
2.2.2. Zeolit çeşitleri

2.2.2.1. Klinoptilolit

Doğal bir zeolit çeşidi olan klinoptilolit alkali ve toprak alkali katyonları içeren sulu aliminosilikattır. $Al_mSi_{nm}O_{2n}M_mXH_2O$ genel kimyasal formülüyle gösterilir. Monosiklik bir kimyasal yapıya sahiptir. Klinoptilolitlerin (Al+Si)/O oranının 0,5 olması istenen bir durumdur (Uğurlu ve Pınar, 2004). Klinoptilolitin katyon oranı değiştirilebilir. Değiştirilebilen katyonlar Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} dir. Klinoptilolitin katyon seçiciliğinin, $Cs>Rb>K>NH_4>Ba>Sr>Na>Ca>Fe>Al>Mg>Li$ şeklinde

olduğu bilinmektedir (Özkırım ve Yörükoğulları, 2005). Klinoptilolitin ısı kararlılığı 700° C dir. Asit ve bazlara karşı duyarlılığı güçlü olan bir mineraldir (pH: 1,5-11). Klinoptilolitin lifsi bir mineral yapısı yoktur, zararlı elementler içermez ve kalitesinin yüksek olmasından dolayı organik hayvancılıkta geniş bir kullanım alanına sahiptir (Demirel ve ark., 2010).

Klinoptilolit yoğun adsorplama gücü sayesinde sudan ve havadan amonyak ve diğer toksik gazları kolaylıkla adsorplayabilmektedir (Özkırım ve Yörükoğulları, 2005). Yüksek kation değişimi, ağır metal giderimi, su tutma kapasitesi ve yüzey alanının büyüklüğü gibi önemli özelliklerinden dolayı moleküler bir elek özelliği gösterirler. Şekil 2.11.'de klinoptilolitin moleküler elek yapısı ve bir maddeyi adsorplaması verilmiştir (Danabaş, 2009).

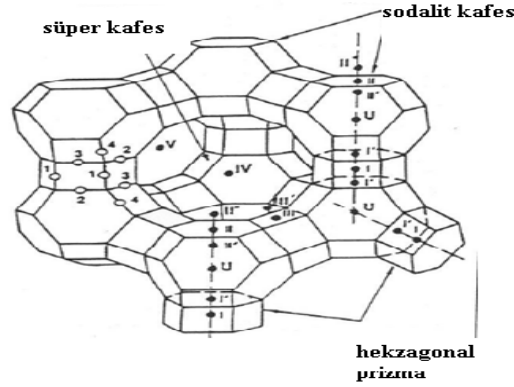


Şekil 2.11. a) Klinoptilolitin Moleküler Elek Yapısı b) Bir Maddeyi Adsorplaması (Danabaş, 2009)

2.2.2.2. Zeolit Y

Zeolit Y; $Na_{86}[(AlO_2)_{86}(SiO_2)_{106}] \cdot 264(H_2O)4.73$ kimyasal formülü ile gösterilmektedir. Zeolit Y'nin kristal yapısı polihedrallerin çift altılı halkalarla birleşmesi ile oluşturulmuştur. İskelet yapısı doğal fajozit ile aynı yapıdadır. Her bir birim hücre 192 adet $(Si,Al)O_4$ dörtyüzlüsü içerir ve her bir birim hücredeki alüminyum iyonları sayısı 48'den 78'e kadar olan aralıkta ise $(Si/Al=1,5$ ile 3 arası) zeolit Y adını alır. Zeolit Y'nin yapısındaki (Şekil 2.12.) kanallar üç boyutludur ve

ana kanalın serbest açıklığı 7,4 Å'dur. Toplam hacim içinde %48'lik hacim boş hacimdir. Zeolit Y'nin en çok kullanıldığı alanlar petrol rafinasyonu ve gaz dönüştürme prosesleridir (Bhatia, 1990; www.personal.utulsa.edu, 2011).



Şekil 2.12. Zeolit Y'nin molekül yapısı (Kaduk and Faber, 1995).

2.3. Adsorpsiyon

Adsorpsiyon; bir maddenin diğer bir madde yüzeyinde veya iki faz arasındaki ara yüzeyde konsantrasyonunun artması ya da bir başka ifadeyle moleküllerin, temas ettikleri yüzeydeki çekme kuvvetlerine bağlı olarak o yüzeyle birleşmesidir. Adsorpsiyon olayı, maddenin ara yüzeyinde bulunan moleküller arasındaki kuvvetlerin dengelenmemiş olmasından ve Van der Waals kuvvetlerinden ileri gelir.

Yüzeye tutunan maddeye adsorban madde denir. Adsorban madde sıvı ya da gaz bir madde olabilir. Adsorbent: tutunulan madde veya adsorplayan madde diye tanımlanabilir. Katı veya sıvı olabileceği gibi doğal veya yapay olarak da sınıflandırılabilir.

Adsorpsiyon olayı sabit sıcaklık ve sabit basınçta kendiliğinden gerçekleştiği için, adsorpsiyon sırasındaki serbest entalpi değişimi daima negatif işaretlidir. Diğer taraftan, gaz ya da sıvı ortamında daha düzensiz olan tanecikler katı yüzeyinde tutunarak daha düzenli hale geldiğinden, adsorpsiyon sırasındaki entropi değişimi de daima negatif işaretlidir (Sawyer and McCarty, 1978).

2.3.1. Adsorpsiyon türleri

Adsorplayan madde yüzeyi ile adsorplanan kimyasal arasındaki çekim kuvvetlerine bağlı olarak gerçekleşen üç tür adsorpsiyon işlemi tanımlanmaktadır:

- **Fiziksel adsorpsiyon:** Fiziksel adsorpsiyon moleküller arası zayıf çekim kuvvetleri veya Van der Waals kuvvetlerinden kaynaklanan ve genel olarak özel karakteristikler taşımayan bir tutulma şeklidir. Bir mol gazın fiziksel olarak adsorplanmış olması için gerekli ısı genellikle 20 kJ'den daha azdır. Burada yüzeyler üzerine yığılmış olan moleküller, yüzeyin özel bir kısmında sabitlenmiş değildir. Ancak yüzey üzerinde serbestçe hareket edebilirler. Aynı zamanda yüzey üzerinde yoğunlaşan bu materyal birbirine girmiş tabakalar oluşturabilir. Van der Waals adsorpsiyonu hiç aktivasyon enerjisi gerektirmez ve bu sebeple daha hızlı bir şekilde meydana gelir. Fiziksel adsorpsiyon genel olarak dönüşümlüdür ve çözeltide ilgili maddenin konsantrasyonu azalınca adsorbe olan kısım çözeltiliye geçebilir (desorpsiyon).
- **Kimyasal adsorpsiyon:** Kimyasal adsorpsiyonda (kemisorpsiyon), adsorplanan moleküller adsorbent yüzeyine tıpkı moleküllerde atomları bir arada tutan kuvvet gibi kovalent bağlarla tutunurlar. Kimyasal adsorpsiyonda bir mol molekülün adsorpsiyonu için gerekli enerji, genellikle kimyasal bağ için gerekli olan enerjiye yakındır (100-500 kJ). Kimyasal adsorpsiyon belli bir aktivasyon enerjisini gerektirir ve bundan dolayı bu proses yavaş bir süreçtir. Kimyasal adsorpsiyon hızı sıcaklıkla artar. Adsorplanmış tabaka molekülleri tek bir tabakadır. Ayrıca birçok hallerde kimyasal adsorpsiyon katının bütün yüzeyinde değil aktif merkez denilen bazı merkezlerde kendini gösterir.
- **İyonik adsorpsiyon:** Adsorbent ile yüzey arasındaki elektriksel yükten kaynaklanan adsorpsiyonu ifade etmektedir. Bu durumda iyon yer değiştirmesi mümkündür. Burada iyonlar ile yüzey arasındaki farklı yüklerden kaynaklanan bir elektrostatik çekim söz konusudur. Genel olarak (H^+) iyonu hariç, yükü yüksek ve hidratasyon çapları küçük olan iyonlar yüzey tarafından daha kuvvetli tutulur. Örneğin üç değerlikli olanlar iki veya bir değerlikli iyonlara kıyasla yüzey üzerindeki karşı elektrik yükü tarafından daha kuvvetli tutulur. Diğer taraftan aynı değerliği taşıyan iyonlardan hidratasyon çapı küçük olan diğerine kıyasla daha

kuvvetli tutulur. Adsorpsiyon tipleri arasında bu farklı özellikler olmasına karşın adsorpsiyon olayını sadece bir tipe indirgemek mümkün değildir. Adsorpsiyon olayı katı yüzeylerinde oluştuğu için adsorpsiyon oranı (hızı) ve derecesi kullanılan katının yüzey alanının bir fonksiyonudur.

2.3.2. Adsorbent maddeler

Adsorpsiyon tekniklerinde çeşitli kimyasal maddeler kullanılmaktadır. Metaller ve plastikler de dâhil olmak üzere, bir kristal yapıya sahip olan veya olmayan tüm katılar değişen oranlarda adsorplama gücüne sahiptirler. Adsorplama gücü yüksek olan bazı doğal katılar; kömürler, killer, zeolitler ve çeşitli metal filizleri şeklinde, yapay katılar ise aktif kömürler, moleküler elekler, silikajeller, metal oksitleri, katalizörler ve bazı özel seramikler şeklinde sıralanırlar. Makroporöz reçineler, aktif silika ve aktif karbon en çok bilinen adsorbent maddelerdir.

Granül halde bulunan karbonlar en iyi adsorplama yeteneğine sahip adsorbent maddelerdir. Ancak bu adsorbanların pahalı olmasından dolayı uygulama giderlerini en aza indirebilmek için tarım yan ürünleri, atık materyaller, kil materyalleri ve silikajeller gibi düşük maliyetli adsorbent maddeler kullanılmaya başlamıştır (Sarıkaya,1997).

2.3.3. Adsorpsiyonu etkileyen faktörler

- **pH:** Adsorpsiyonu etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Hidronyum ve hidroksil iyonları kuvvetli adsorbe olduklarından, diğer iyonların adsorpsiyonunda çözelti pH'ı etkilidir. Ayrıca asidik ve bazik bileşiklerin iyonizasyon derecesi de adsorpsiyonu etkiler.
- **Sıcaklık:** Adsorpsiyon işlemi genellikle ısı veren bir tepkime biçiminde gerçekleşir. Bu nedenle azalan sıcaklık ile adsorpsiyon büyüklüğü artar. Açığa çıkan ısının genellikle fiziksel adsorpsiyonda yoğunlaşma veya kristalizasyon ısıları düzeyinde, kimyasal adsorpsiyonda ise kimyasal reaksiyon ısı düzeyinde olduğu bilinmektedir.

- **Yüzey alanı:** Adsorpsiyon bir yüzey işlemi olduğundan, adsorpsiyon büyüklüğü spesifik yüzey alanı ile orantılıdır. Adsorplayıcının partikül boyutunun küçük, yüzey alanının geniş ve gözenekli yapıda olması adsorpsiyonu artırır.
- **Nem:** Adsorbent yüzeyinde tutunmuş olan su molekülleridir. Yüzey alanını azalttıkları için adsorpsiyonu da azaltır.
- **Çözünen maddenin cinsi ve özellikleri:** Çözünen maddenin çözünürlüğü, adsorpsiyon dengesi için kontrol edici bir faktördür. Genel olarak, çözünen maddenin adsorpsiyon hızı ile sıvı fazdaki çözünürlüğü arasında ters bir ilişki vardır. Çözünürlük arttıkça çözücü-çözünen bağı kuvvetlenir, adsorpsiyon derecesi azalır. Çoğu zaman, herhangi bir organik bileşiğin zincir uzunluğu arttıkça sudaki çözünürlüğü azalır.

2.4. Cevap Yüzey Yöntemi

Cevap yüzey yöntemi, 1951 yılında Box ve Wilson tarafından geliştirilmiş ve “Denemelerin Optimum Koşullara Ulaşması” şeklinde tanımlanmıştır. Yöntemin ilk uygulama biçimleri kimya endüstrisinde gerçekleştirilmiştir. Myers ve Montgomery cevap yüzey yöntemini, “proseslerin geliştirilmesi ve optimizasyonu için gerekli istatistiksel ve matematiksel tekniklerin birlikte kullanıldığı bir yöntem“ olarak tanımlamıştır (Myers and Montgomery, 2002).

Deneme setlerinden türetilen basit ampirik modellerin yer aldığı Cevap Yüzey Yöntemi (Response Surface Methodology), birçok mühendislik ve teknoloji alanında yaygın olarak kullanılan bir optimizasyon yöntemidir (Koç ve Kaymak-Ertekin; 2009). Cevap Yüzey Yöntemi (CYY); bir cevabın birçok değişkenle değiştiği ve amacın bu cevabı optimize etmek olduğu herhangi bir problemin analiz ve modellenmesi için uygun, matematiksel ve istatistiksel tekniklerin bir bileşimidir. Genel anlamda Cevap Yüzey Yöntemi üç aşamadan (eleme denemeleri, bölge araştırması ve işlemin veya ürünün optimizasyonu) oluşmaktadır. Yöntemin ilk aşaması olan eleme denemeleri, daha az sayıda ve daha verimli esas deneme yapılmasına imkân sağlamaktadır. Yöntemin ikinci aşaması olan bölge araştırmasında hedeflenen, eleme denemeleri ile belirlenen bağımsız değişkenlerin

sistemin yanıtında oluşturdukları değerlerin, optimum noktaya yakın sonuçlar verip vermediğini belirlemektir. Cevap Yüzey Yönteminin üçüncü aşaması, elde edilen işlem sonuçları optimum değere yaklaşıldığı zamanda başlar. Gerçek yanıt fonksiyonu optimum nokta etrafında önemli bir eğrilik göstermektedir. Bu eğriliğin tahmin edilmesi sırasında genellikle lineer olmayan ikinci dereceden polinom fonksiyonlar, üstel fonksiyonlar veya eksponansiyel fonksiyonlar kullanılır. Uygun olan bu fonksiyonlar gerekli şekillerde elde edildikten sonra optimum noktanın belirlenmesi gerçekleştirilir (Koç ve Kaymak-Ertekin, 2009).

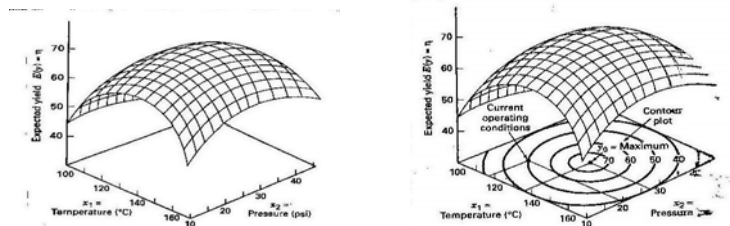
Örneğin bir kimya mühendisi bir prosesin verimini arttıracak sıcaklık (x_1) ve basınç (x_2) seviyelerini bulmak için proses verimi sıcaklık ve basınç seviyelerinin bir fonksiyonu olduğundan;

$$y = f(x_1, x_2) + \varepsilon \quad (2.1)$$

yazabilir. Burada ε , y cevabında gözlenen hata veya “gürültü”yü belirtmektedir. Beklenen cevabı $E(y) = f(x_1, x_2) = \eta$ ile nitelendirdiğinde,

$\eta = f(x_1, x_2)$ ile belirtilen yüzeyle prosesin cevap yüzeyini elde eder.

Cevap Yüzeyi, genellikle, η 'nin x_1 ve x_2 seviyelerine karşı grafiğe geçirilerek Şekil 2.13'deki gibi “kontur”lar ile ifade edilir. Konturlar x_1 , x_2 düzlemindeki sabit cevap çizgileridir. Her kontur cevap yüzeyinin belli bir yüksekliğini temsil eder.



Şekil 2.13. Beklenen verimin (η), sıcaklık (x_1) ve basınçla (x_2) fonksiyonu olarak kontur ve üç boyutlu cevap yüzeyi şeklinde gösterimi

Cevap yüzey problemlerinin çoğunda, cevapla bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin matematiksel yapısı tam olarak tahmin edilemez. Bundan dolayı cevap yüzey yöntemindeki ilk basamak, y ile bağımsız değişken seti arasındaki gerçek fonksiyonel ilişki için uygun bir tahmin bulmaktır. Genellikle bağımsız değişkenlerin

bir bölgesi içindeki düşük dereceli bir polinom fonksiyon kullanılır. Eğer cevap, bağımsız değişkenlerin lineer bir fonksiyonuyla iyi bir şekilde modellenebiliyorsa tahmin fonksiyonu “birinci derece model” dir.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon \quad (2.2)$$

sistemde bir kavis (eğrilik) varsa “ikinci derece model” gibi yüksek dereceli bir polinom kullanmak zorundadır:

$$y = \beta_0 + \sum \beta_i x_i + \sum \beta_{ii} x_i^2 + \sum \sum \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon \quad (2.3)$$

Hemen hemen bütün cevap yüzey problemleri bu modellerin bir ya da ikisini kullanır. Bir polinom modelinin, bağımsız değişkenlerin bütün uzayı üstündeki gerçek fonksiyonel ilişkisinin makul bir tahmini olabileceği elbette kuşkuludur, fakat nispeten küçük bir bölge için genellikle iyi iş görürler.

Küçük kareler metoduyla polinomdaki parametreler belirlenir. Daha sonra, yapılandırılan yüzey kullanılarak cevap yüzey analizleri gerçekleştirilir. Yapılandırılan yüzey, gerçek cevap fonksiyonunun yeterli nitelikteki bir tahmini ise, bu yüzeyin analizi gerçek sistemin analizine kabaca eşdeğer olacaktır. Verileri toplamada uygun deney dizaynları yapılırsa, model parametreleri daha etkili belirlenebilir. Yapılandırılmış cevap yüzeyine ait dizaynlar “Cevap Yüzey Dizaynı” olarak adlandırılır. Cevap Yüzey Dizaynlarında genellikle küresel merkez kompozit dizaynı veya Box Behnken Dizaynları kullanılır.

2.4.1. Küresel merkez kompozit dizayn

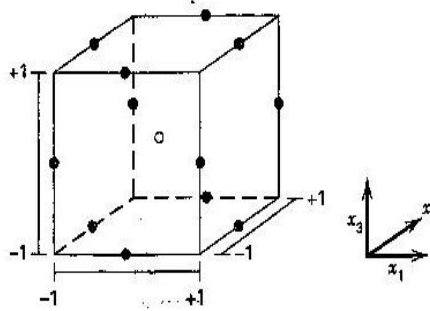
Döndürülebilirlik küresel bir özelliktir, yani ilgilenilen bölgenin bir küre olması bir dizayn kriteri gibi yorumlanır. İlgilenilen küresel bir bölge için varyans bakımından α 'nın en iyi seçimi $\alpha = \sqrt{k}$ dir. Küresel MKD olarak adlandırılan bu dizayn, bütün faktoriyel ve aksiyal dizayn noktalarını, yarıçapı \sqrt{k} olan bir küre yüzeyine koyar. MKD'de α 'nın seçimi esasında ilgilenilen bölge tarafından dikte edilir. Bu bölge küre olduğunda, dizayn tahmini cevabın oldukça durgun varyansını sağlayacak

sayıda merkez deneyini içermek zorundadır. Genellikle 3 ile 5 merkez deneyi tavsiye edilmektedir.

2.4.2. Box -Behnken dizaynı

Box-Behnken (1960), yapılandırılmış cevap yüzeyleri için üç seviyeli bir dizayn önermiştir. Bu dizaynlar, tam olmayan blok dizaynlarıyla 2^k faktöriyelerin birleştirilmesiyle oluşturulmuştur. Elde edilen dizaynlar çoğunlukla gerekli deney sayısı açısından oldukça verimlidir ve döndürülebilir özelliktedir.

Box-Behnken dizaynı bütün noktaların yarıçapı $\sqrt{2k}$ olan bir küre üzerinde olduğu küresel bir dizayndır (Şekil 2.14.). Kübik bölge her bir değişkenin alt ve üst sınırları tarafından oluşturulur. Küpün içindeki noktalar, prosesin fiziksel kısıtlamalarından dolayı uygulanması imkânsız veya çok yüksek maliyetli olan faktör-seviye kombinasyonlarını ifade ettiğinde avantajlı bir yöntemdir.



Şekil 2.14. Box-Behnken dizayn sınırları

Bu dizayn cevap yüzey yöntemiyle birlikte kullanılacaksa, genel prosedür cevap yüzey yönteminin ilk aşamasında belirlenen üç parametrenin optimum bölgesini üreten değerlerinin merkez nokta olarak seçilmesi ve deneyi yapan kişinin öngörüsüne bağlı olarak aralığı belirlemesidir. Sonuçta cevap yüzey yönteminde kullanılacak üç değişkenli ve üç merkez deneyli bir Box-Behnken dizaynı çizelge 2.12'deki gibi elde edilir.

Çizelge 2.12. Üç değişkenli Box-Behnken dizaynı (Myers and Montgomery, 2002)

x ₁	x ₂	x ₃	Deney sayısı
-1	-1	0	1
+1	-1	0	1
-1	+1	0	1
+1	+1	0	1
-1	0	-1	1
+1	0	-1	1
-1	0	+1	1
+1	0	+1	1
0	-1	-1	1
0	+1	-1	1
0	-1	+1	1
0	+1	+1	1
0	0	0	3

2.5. Literatür Özeti

İncelemeler doğrultusunda L. J. Fooks ve arkadaşları (1999), prebiyotikler ve probiyotiklerin bağırsak mikrobiyolojisi üzerinde önemli etkileri olduğunu belirtmişlerdir.

B. Pool-Zobel ve arkadaşları (2002), prebiyotik frükthanların $\beta(2 \rightarrow 1)$ bağlarının insan sindirim enzimleri tarafından sindirilemiyor olmasından dolayı bağırsaklardaki yararlı bakterilerin popülasyonunu zenginleştirdiğini, ayrıca hayvan deneyleri üzerinde yapılan çalışmalarda inülin tipi frükthanların önemli antikarsinojenik özelliklerinin olduğunu belirlemişlerdir.

Marcel B. Roberfroid (2000), hindibadan elde ettiği frükto-oligosakkaritlerin kalsiyum adsorpsiyonunda yararlı etkiler sağlayabileceğini ve buna ek olarak kolon kanserinin gelişme riskini azaltacağını belirtmiştir.

C. Corradini ve arkadaşları (2004), inülin ve frükto-oligosakkaritlerin prebiyotik özelliklerini belirlemek için çeşitli kromatografik ölçümler gerçekleştirmişlerdir. Ölçümlerde polimerizasyon derecesi 3'den 60'a kadar değişen çeşitli frükthan yapılarını incelemişlerdir. Ölçümler sonucunda kromatografik yöntemlerin, farklı polimerizasyon derecesindeki inülin ve frükto-oligosakkaritlerin prebiyotik özelliklerini belirlemede uygulanabilir olduğunu belirlemişlerdir.

Cummings JH. Ve Macfarlane GT. (2002), prebiyotik özellik gösteren karbonhidrat yapılarının en önemli özelliklerinden birinin, bu prebiyotiklerin vücutta patojenlere karşı direnç göstermesi buna bağlı olarak çocuklarda ve yetişkinlerde ishalin azaltılmasında kayda değer etkilerinin olduğunu belirtmesidir.

Roberfroid MB. ve Delzenne NM. (1998), inülin tipi frükthanların gastrointestinal sistemdeki etkilerinin yanı sıra, mineral adsorpsiyonunda, karbonhidrat ve yağ metabolizmasında, hormon dengesinde önemli etkilerinin olduğunu belirtmiştir.

Ohta A. ve arkadaşları (1995), frükto-oligosakkarit içeren kontrollü bir diyetle beslenen fareler üzerinde kalsiyum ve magnezyum adsorpsiyonunu incelemişler ve sonuçta frükto-oligosakkaritlerin fareler üzerinde rektum ve kolonda kalsiyum ve magnezyum adsorpsiyonunu önemli derecede arttırdığını saptamışlardır.

Literatürdeki çalışmaların taranması sonucunda FOS bileşenlerinin zeolitlerce adsorpsiyonu üzerine hiçbir araştırmaya rastlanmadığından, karşılaştırma ve bilgi edinme amacıyla şeker karışımlarının zeolitler kullanılarak ayrıştırılması konulu çalışmalar Çizelge 2.13.'de özetlenmiştir.

Misket Heper ve arkadaşları (2006), kesikli sistemde çalışarak Na, NH₄, Ca ve Mg zeolit Y'nin glikoz ve früktoz çözeltilerinden adsorpsiyonunun gerçekleştirilmesini incelemişlerdir. Yapılan çalışmada CaCl₂ ve NH₄ zeolitleri modifiye etmede kullanılmış, deney analizleri HPLC ile gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda ilk 30 dakika içinde adsorpsiyonun gerçekleştiği ve adsorpsiyondaki seçicilik sırasının NH₄⁺<Mg⁺²<Ca⁺²<Na⁺¹ sırasında değiştiği gözlenmiştir. Ca-Y ve NH₄⁺-Y, glikozu früktozdan daha hızlı adsorplarken, Na-Y ve Mg-Y'nin buna benzer bir seçicilik göstermediği, şeker çözeltilerinden oluşan karışıma NH₄⁺-Y eklendiğinde glikoz ve früktozun seçici ayrılmasında NH₄⁺-Y'nin negatif bir etkiye neden olduğu ortaya konmuştur.

2003 yılında S. Berenmeier ve K. Buchholz'un yaptığı çalışmada dealümine β zeolitlerle izomaltozun reaksiyon ortamından ayrılması amaçlanmış, kesikli sistemde çalışılarak deney analizleri HPLC ile gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneysel çalışmalarda belirli süre ve sıcaklıkta zeolitlerin Si/Al oranları değiştirilerek glikoz,

sükroz ve izomaltozun reaksiyon ortamından ayrılması gerçekleştirilmiştir. Deneylein sonucunda Si/Al oranının 75’de en iyi adsorpsiyon gerekleştigi ve reaksiyon kinetiğinin Langmuir izotermine uygunluğu saptanmıştır.

(1993) yılında C. Buttersack ve arkadaşları sakkaritlerin dealümine zeolit Y ile spesifik adsorpsiyonu incelenmiş, kesikli bir sistemde çalışılarak deney analizleri ise HPLC ile gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada 1-4 glikoz ekli şeker karışımı ile Si/Al oranının şeker seçiciliği üzerindeki etkisi göz önünde bulundurularak Si/Al oranı 110 olduğu, reaksiyon kinetiğinin Langmuir izotermine uygun olduğu belirlenmiştir.

(1992) yılında Y.L. Cheng ve arkadaşları sürekli bir sistemde zeolit Y ile früktoz ve glikoz karışımının ayrılması incelemişlerdir. Deney sonucunda analizler spektrofotometrik yöntemle ölçülmüştür. Çalışma sonucunda Ba-Y zeolitinin seçiciliğinin en iyi olduğu, 40°C’de glikoz için ayrılmanın 80 dakikada, früktoz için 110 dakikada gerekleştigi bulunmuştur.

(1987) yılında C. Ho ve arkadaşları, zeolitlerin Si/Al oranları değıştirilerek zeolit ve reçinelerle früktoz ve glikoz karışımının ayrılmasını incelenmiştir. Zeolitlere ek olarak Duolit, Amberlit, Zeolit gibi reçine türleri de kullanılan parametreler arasında yer almıştır. Deneysel alışmalar sonucunda CaY’nin seçiciliğini hemen hemen reçinelerin seçiciliğine eş olduğu bulunmuştur. Si/Al oranları 2,2 ve maksimum sıcaklık 60⁰ C olarak belirlenmiştir.

(1982) yılında K. Hashimoto ve arkadaşları akışkan yataklı bir sistemde CaY zeolitler ile glikoz ve früktoz gibi moleköl yapıları birbirine çok benzeyen gibi bileşenlerin karışımının ayrılmasını incelemişler ve yapılan deneyler sonucunda ayrılma için maksimum sürenin 120 dakika olduğunu bulmuşlardır.

Araştırmaların bütünü incelendiğinde FOS bileşenlerinin miktarının belirlenmesinde HPLC yönteminin kullanıldığı, adsorpsiyonun temel parametrelerinin silisyum/aliminyum oranına bağlı zeolit yapısı, sıcaklık ve süre olduğu gözlenmiştir. Bulgular dikkate alınırsa zeolitlerin glikoz ve früktoz gibi birbirine yapıca oldukça benzer maddelerde bile seçici davranabildiği, dolayısıyla FOS bileşenleri arasında da

seçicilik göstereceği öngörülebilir. Ancak bu konuda herhangi bir çalışma söz konusu olmadığından çıkarımın doğruluğu deneylerle ispatlanmadığı sürece tartışmaya açıktır. Çizelge 2.13.'de şeker karışımlarının zeolitler tarafından adsorpsiyon yöntemiyle ayrılmasına ilişkin literatürde yapılan çalışmalar verilmiştir.

Çizelge 2.13. Şeker karışımlarının zeolitlerce adsorpsiyon yöntemiyle ayrılmasına ilişkin literatürdeki araştırmalar

Referans	Amaç	Parametre	Analiz Yöntemi	Sonuç
Misket Heper ve ark. (2006)	Na, NH ₄ , Ca ve Mg zeolit Y'nin glikoz ve früktoz çözeltilerinden adsorpsiyonunun incelenmesi	Eşmolar glikoz-früktoz Sıcaklık:50°C Süre:10-300 dk Modifikasyon: CaCl ₂ , NH ₄ Cl	HPLC	Süre: 30 dk. Seçicilik: NH ₄ ⁺ <Mg ⁺² <Ca ⁺² <Na ⁺¹
S. Berenmeier ve K. Buchholz (2003)	Dealümine β zeolitlerle izomaltozun reaksiyon ortamından ayrılması	Si/Al: 12,5-150 Sıcaklık: 30°C Süre 0-1400 dk Glikoz, sükroz, izomaltoz	HPLC	Si/Al: 75 Langmuir izotermine uygun
C. Buttersack ve ark. (1993)	Sakkaritlerin dealümine zeolit Y ile spesifik adsorpsiyonu	Si/Al oranının şeker seçiciliği üzerindeki etkisi 1-4 glikoz ekli şeker karışımı	HPLC	Si/Al: 110 Langmuir K&Henry sbt
Y.L. Cheng ve ark. (1992)	Zeolit Y ile früktoz ve glikoz karışımlarının ayrılması	Sıcaklık: 25-60°C Süre10-90 dk K-, Na-, Ca-,Ba-Y	Spektro-fotometrik	Ba-Y Sıcaklık:40°C Süre: 80G-110F
C. Ho ve ark. (1987)	Zeolit ve reçinelerle früktoz ve glikoz karışımlarının ayrılması	Si/Al: 1,3-2,2 Duolit, Amberlit, Zerolit Sıcaklık: 25-60 Süre:0-100dk		CaY =reçine Si/Al: 2,2 Sıcaklık:60°C
K. Hashimoto ve ark. (1982)	CaY ile glikoz-früktoz karışımlarının ayrılması	Sıcaklık: 50°C Süre:0-240dk Akışkan yataklı sistem		Süre:120dk

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmada kullanılan materyaller ve gerekçeleri aşağıdaki gibidir:

Zeolitler: Yapılan çalışmanın temel materyalidir. Çalışmada zeolit-Y ve klinoptilolit türleri adsorbent olarak kullanılmıştır. Çizelge 3.1.'de zeolit türleri ve diğer kimyasal materyaller verilmiştir.

Hassas terazi: Numunelerin tartımında kullanılmıştır.

Balon joje: Belli şeker çözeltilerin hazırlanmasında kullanılmıştır.

Erlen: Adsorpsiyon işlemlerinin kesikli prosesle gerçekleştirildiği ortamı oluşturan materyallerdir.

Çalkalamalı su banyosu (Memmert WNB7-45): Hazırlanan şeker çözeltilerinin belli bir sıcaklık ve karıştırma hızı eşliğinde adsorpsiyon işlemlerinin gerçekleştirilmesi için kullanılmıştır.

Filtre kâğıtları (Macherey-Nagel 110 mm): Adsorpsiyon sonrasında zeolitlerin ortamdan uzaklaştırılmasında kullanılmıştır.

Huni: Adsorpsiyon sonrasında zeolitlerin ortamdan uzaklaştırmak için yapılan süzme işleminde kullanılmıştır.

Kroze: Zeolitlerin uzaklaştırıldığı numunelerin miktarının belirlenmesi için etüvde kullanılmıştır.

Etüv (Nüve FN 500): Kuru madde tayini yapabilmek amacıyla krozelere koyulan şeker çözeltisi numunelerinden belli bir sıcaklıkta suyun uzaklaştırılması işleminde kullanılmıştır.

Desikatör: Krozelerin sabit tartıma gelmesi için kullanılmıştır.

Çizelge 3.1. Kullanılan kimyasal materyaller

Zeolit-Y	(Sigma 96096-100 G)
Klinoptilolit	(Ege Zeolit Sanayi Ticaret LTD tarafından bağış olarak gönderilmiştir.)
Orafti	(Orafti P95 Beneo- 1KG)
Sükroz	(Sigma S5016- 1KG)
Früktoz	(Sigma F0127-1KG)
Glikoz	(Sigma G-8270 1KG)

3.2. Yöntem

3.2.1. Deney prosedürü

Bu çalışmada ilk olarak çalışmanın ana hammaddesi olan zeolitlerin her bir türü ile kesikli sistemde gerçekleştirilen deneylerde (Şekil 3.1.), öncelikle içerisinde orafti ve glikoz, sükroz, früktoz şekerlerini belirlenen miktarda bulunduran dört ayrı stok çözelti hazırlanmıştır. Stok çözeltiler;

$$\frac{(1.0025\text{gr} - \text{orafti})}{(1000\text{mL} - \text{safsu})}$$

$$\frac{(1.000\text{gr} - \text{orafti} + 1.0017\text{gr} - \text{früktoz})}{(1000\text{mL} - \text{safsu})}$$

$$\frac{(1.0021\text{gr} - \text{orafti} + 1.0008\text{gr} - \text{glikoz})}{(1000\text{mL} - \text{safsu})}$$

$$\frac{(1.0001\text{gr} - \text{orafti} + 1.006\text{gr} - \text{sükroz})}{(1000\text{mL} - \text{safsu})}$$

şeklinde hazırlandı. Her bir stok çözelti için Box Behnken dizaynına uygun olarak 15 ayrı deney yapıldı. Stok çözeltilerin her birinden 50'şer mL'lik alınarak bir erlene konuldu. Çözeltilerin sıcaklıkları çalışılan sıcaklık değerine ulaştığı zaman çözeltilere 1gram zeolit eklenerek belirlenen sıcaklık, süre ve karıştırma hızında

çalkalamalı su banyosuna (Memmert WNB7-45) konularak şeker çözeltilerinin zeolitler tarafından adsorpsiyonu gerçekleştirildi. Belirlenen süreler boyunca adsorpsiyon işlemi gerçekleştirildikten sonra çözeltiler filtre kâğıtları (Macherey-Nagel 110 mm) ile süzülerek zeolitlerin ortamdan uzaklaştırılması sağlandı. Krozeler, 105°C’de etüvde (Nüve FN 500) 12 saat bekletildikten sonra desikatörde soğutularak hassas terazide tartılarak ölçüm değerleri kaydedildi. Filtre kâğıdı ile süzölmüş olan numunelerden 1 mL alınarak sabit tartıma gelmiş olan krozelere konularak etüvde tekrar 105° C’de 24 saat boyunca bekletildi. Aynı şekilde desikatörde soğutma işlemi gerçekleştirildikten sonra sabit tartım değerleri kaydedildi. Numune içeren krozelerin sabit tartım değerlerinden boş krozelerin sabit tartım değerleri çıkartılarak numunedeki kuru madde miktarı hesaplandı. 1 mL çözeltideki kuru madde miktarından yola çıkarak 50 mL çözeltideki kuru madde miktarı hesaplandı. Elde edilen bu değerler, Box Behnken dizaynına göre Dizayn Expert programına girildi.



Şekil 3.1. Deney düzeneği

3.2.2. Deney dizaynı

Hazırlanan her bir stok çözelti için üç değişkenli üç merkez deneyli Box Behnken dizaynı kullanıldı. Bütün prosedürler için en önemli üç deney parametresi sıcaklık, süre ve karıştırma hızı olarak belirlendi. Dolayısıyla çalışma kapsamında her bir optimizasyon için 15 deney gerçekleştirilerek toplamda 60 deney yapıldı. Bu deneyler için belirlenen parametreler ve deney koşulları Çizelge 3.2.’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Belirlenen parametreler ve deney koşulları

X ₁ (sıcaklık °C)	X ₂ (süre Dakika)	X ₃ (karıştırma hızı rpm)	X ₁	X ₂	X ₃	Deney sayısı
30	30	300	-1	-1	0	1
30	90	300	-1	+1	0	1
30	60	200	-1	0	-1	1
30	60	400	-1	0	+1	1
40	30	200	0	-1	-1	1
40	90	200	0	+1	-1	1
40	30	400	0	-1	+1	1
40	90	400	0	+1	+1	1
40	60	300	0	0	0	3
50	30	300	+1	-1	0	1
50	90	300	+1	+1	0	1
50	60	200	+1	0	-1	1
50	60	400	+1	0	+1	1
		Toplam=				15

3.2.3. Cevap yüzeylerinin oluşturulması

Yapılan çalışmada cevap yüzeylerinin oluşturulması için bilgisayar yazılım programı (Design Expert 8.0.5_ Statease Inc.) kullanılmıştır. Farklı çözelti ve adsorbanlar için hazırlanan Box Behnken dizaynları ve verimler yazılım programına ayrı ayrı girilmiştir (çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. Design Expert 8.0.5 Statease yazılım programına girilen veriler

Design Summary										
Study Type	Response Surface	Runs	15							
Design Type	Box-Behnken	Blocks	No Blocks							
Design Model	Quadratic	Build Time (ms)	1.33							
Factor	Name	Units	Type	Sub type	Minimum	Maximum	Coded	Values	Mean	Std. Dev.
A	tempeture	degree C	Numeric	Continuous	30.00	50.00	-1.000=30.00	1.000=50.00	40.00	7.30
B	time	minute	Numeric	Continuous	30.00	90.00	-1.000=30.00	1.000=90.00	60.00	21.91
C	mixing rate	rpm	Numeric	Continuous	200.00	400.00	-1.000=200.00	1.000=400.00	300.00	73.03
Response	Name	Units	Obs	Analysis	Minimum	Maximum	Mean	Std. Dev.	Ratio	Trans Mode
Y1	yield	per cent	15	Polynomial	12.63	57.56	25.11	11.439	4.5574	None No m

Daha sonra yazılım programına veriler analiz ettirilerek hangi fonksiyonun önerildiği belirlenmiştir. Bu belirleme yapılırken; her bir fonksiyon için “Sequential Model Sum of Squares (Type I)” ve “Lack of fit” testleri yapılmış ve her bir fonksiyon için standart sapma (Standard deviation), R^2 (R-squared), ayarlanmış R^2 (adjusted R-squared) ve öngörülen R^2 (predicted R-squared) değerleri hesaplanmıştır. Yazılım programı bu değerleri karşılaştırarak önerilen fonksiyonu kendisi belirtmektedir.

Bir sonraki aşamada, önerilen fonksiyonların hangisinin en iyi modelleme yaptığı ANOVA tabloları ayrı ayrı çıkarılıp karşılaştırılarak belirlenmiştir. En iyi modellemeyi yapan fonksiyon seçilirken;

- Model; significant,
- Lack of fit; insignificant,
- Bütün model terimleri; “Values of (Prob>F) <0,05”,
- R-squared; ~1,
- Adjusted R-squared; ~1,
- Predicted R-squared; ~1,
- Adjusted R-squared ~ Predicted R-squared,
- Coefficient of variation (C.V%) minimum

Kriterlerin tamamını en iyi şekilde karşılayan (2) fonksiyon seçilmiştir. Sistemi modelleyen en iyi fonksiyon belirlendikten sonra üç boyutlu cevap yüzeyi ve kontur grafikleri, yazılım programının ilgili butonu aracılığıyla elde edilmiştir.

Desing Expert üç farklı optimizasyon gerçekleştirebilen bir programdır; “ Numerical, graphical optimization ve point prediction”. Optimizasyonun amacı; istenilen cevabın elde edilmesini sağlayacak parametrelerin kesin değerlerinin belirlenmesini sağlamaktır. Yapılan çalışmada sayısal optimizasyon (numerical optimization) kullanılmış ve optimizasyon kriterleri olarak her iki adsorbent için de;

Karıştırma hızı; in range
Süre ; in range
Sıcaklık ; in range
Verim ; Maximize

Olarak seçilerek çözümler istenmiştir. En iyi çözüm belirlenirken de önerilen çözümler içinde istenildiği 1'e en yakın olan (desirability~1) çözüm seçilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Zeolit Y Adsorbenti Tarafından Adsorplanan Orafti Çözeltisi İçin Cevap Yüzeği ve Kontur Grafiklerinin Oluşturulması

Tezin 3.2.2. deney dizaynı kısmında belirtilen koşullarda adsorpsiyon deneyleri gerçekleştirilmiş, dizayn ve verimler dizayn expert yazılım programına çizelge 4.1.'de verilen haliyle girilmiştir.

Çizelge 4.1. Zeolit Y ile adsorplama işlemi gerçekleştirilen orafti çözeltisinin cevap yüzeğini oluşturulmak için Design Expert programına girilen veriler

Std	Run	Factor 1 A: temperature Degress °C	Factor 2 B: time minute	Factor 3 C: mixing rate rpm	Response 1 Yield Per cent
5	1	30.00	60.00	200.00	20.22
13	2	40.00	60.00	300.00	28.21
15	3	40.00	60.00	300.00	28.15
6	4	50.00	60.00	200.00	35.18
14	5	40.00	60.00	300.00	28.20
2	6	50.00	30.00	300.00	35.18
7	7	30.00	60.00	400.00	35.18
11	8	40.00	30.00	400.00	30.2
1	9	30.00	30.00	300.00	30.15
4	10	50.00	90.00	300.00	50.14
9	11	40.00	30.00	200.00	15.24
3	12	30.00	90.00	300.00	48.14
8	13	50.00	60.00	400.00	40.22
12	14	40.00	90.00	400.00	35.22
10	15	40.00	90.00	200.00	20.21

Girilen veriler programa analiz ettirilerek her bir fonksiyon için istatistiksel parametreler hesaplatılmıştır. Çizelge 4.2.'de de görüldüğü gibi; “cubic” ya da daha yüksek dereceli polinomlarda “alias” gözlenmektedir. Kullanılan diğer fonksiyonlar; “lack of fit”, “Adjusted R squared”, “Predicted R squared” değerleri açısından karşılaştırıldığında; doğrusal ortalama (lineer vs. Mean) ve Quadratic (2. dereceden) fonksiyonları önerilmektedir.

Çizelge 4.2. Zeolit Y tarafından adsorplanan orafiti çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “cubic fonksiyona” ait istatistiksel parametreler

Source	Sequential p-value	Lack of Fit p-value	Adjusted R-Squared	Predicted R-Squared		
Linear	0.0550	< 0.0001	0.3447	-0.0697		
2FI	0.9512	< 0.0001	0.1350	-1.4937		
<u>Quadratic</u>	<u>0.0178</u>	<u>< 0.0001</u>	<u>0.7871</u>	<u>-0.2164</u>	<u>Suggested</u>	
Cubic	< 0.0001		1.0000		Aliased	

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Mean vs Total	15349.76	1	15349.76			<u>Suggested</u>
Linear vs Mean	633.93	3	211.31	3.45	0.0550	
2FI vs Linear	26.90	3	8.97	0.11	0.9512	
<u>Quadratic vs 2FI</u>	<u>1546.61</u>	<u>3</u>	<u>182.20</u>	<u>9.17</u>	<u>0.0178</u>	<u>Suggested</u>
Cubic vs Quadratic	99.35	3	33.12	32047.72	< 0.0001	Aliased
Residual	2.067E-003	2	1.033E-003			
Total	16656.55	15	1110.44			

"Sequential Model Sum of Squares [Type I]": Select the highest order polynomial where the additional terms are significant and the model is not aliased.

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Linear	672.86	9	74.76	72350.05	< 0.0001	
2FI	645.96	6	107.66	1.042E+005	< 0.0001	
Quadratic	99.35	3	33.12	32047.72	< 0.0001	<u>Suggested</u>
Cubic	0.000	0				Aliased
Pure Error	2.067E-003	2	1.033E-003			

"Lack of Fit Tests": Want the selected model to have insignificant lack-of-fit.

Source	Std. Dev.	R-Squared	Adjusted R-Squared	Predicted R-Squared	PRESS	
Linear	7.82	0.4851	0.3447	-0.0697	1397.87	
2FI	8.99	0.5057	0.1350	-1.4937	3258.79	
<u>Quadratic</u>	<u>4.46</u>	<u>0.9240</u>	<u>0.7871</u>	<u>-0.2164</u>	<u>1589.57</u>	<u>Suggested</u>
Cubic	0.032	1.0000	1.0000	+	Aliased	

+ Case(s) with leverage of 1.0000: PRESS statistic not defined

Dolayısıyla fonksiyon “quadratic” olarak seçilip yazılım programına ANOVA tablosu oluşturması istenmiş ve çizelge 4.3.’de verilen bilgiler elde edilmiştir. Görüldüğü gibi önerilen model “significant”, “lack of fit” ise “ significant” tır. Yani model geçerlidir ancak “lack of fit” yani uygunsuzluk söz konusudur ve “Prob>F>0.0050” değerine sahip parametreler “not significant” (önemsizdir). “R² (R squared) değeri” 1’e oldukça yakındır (0.9240). “Adjusted ve Predicted R squared değerleri” ise 1’den ve birbirlerinden oldukça uzaktır. “Coefficient of variation” %13.93 olarak belirlenmiştir, düşük bir değere sahiptir. Bu nedenlerle “quadretic fonksiyon“ geçersizdir. Yerine “alias“ gözlenmeden ve hiyerarşiyi bozmadan 3.dereceden (cubic) bir fonksiyon kullanılarak aynı incelemeler tekrar yapılmıştır.

Çizelge 4.3. Zeolit Y tarafından adsorplanan orafti çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “quadratic fonksiyona” ait ANOVA tablosu

ANOVA for Response Surface Quadratic 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	1207.44	9	134.16	6.75	0.0244	significant
A-temperature	91.33	1	91.33	4.60	0.0849	
B-time	230.48	1	230.48	11.60	0.0191	
C-mixing rate	312.13	1	312.13	15.71	0.0107	
AB2.30	1	2.30	0.12	0.7478		
AC24.60	1	24.60	1.24	0.3164		
BC6.250E-004	1	6.250E-004	3.145E-005	0.9957		
A ² 376.59	1	376.59	18.95	0.0073		
B ² 25.28	1	25.28	1.27	0.3105		
C ² 115.21	1	115.21	5.80	0.0610		
Residual	99.35	5	19.87			
Lack of Fit	99.35	3	33.12	32047.72	< 0.0001	significant
Pure Error	2.067E-003	2	1.033E-003			
Cor Total	1306.79	14				
Std. Dev.	4.46			R-Squared	0.9240	
Mean	31.99			Adj R-Squared	0.7871	
C.V. %	13.93			Pred R-Squared	-0.2164	
PRESS	1589.57			Adeq Precision	9.692	

Coefficient	Estimate	Standard	95% CI	95% CI	High	VIF
Factor		df	Error	Low		
Intercept	28.19	1	2.57	21.57	34.80	
A-temperature	3.38	1	1.58	-0.67	7.43	1.00
B-time	5.37	1	1.58	1.32	9.42	1.00
C-mixing rate	6.25	1	1.58	2.20	10.30	1.00
AB-0.76	1	2.23	-6.49	4.97	1.00	
AC-2.48	1	2.23	-8.21	3.25	1.00	
BC0.013	1	2.23	-5.72	5.74	1.00	
A ² 10.10	1	2.32	4.14	16.06	1.01	
B ² 2.62	1	2.32	-3.35	8.58	1.01	
C ² -5.59	1	2.32	-11.55	0.38	1.01	

Final Equation in Terms of Coded Factors:		Final Equation in Terms of Actual Factors:	
yeild	=	yeild =	
+28.19		+71.23375	
+3.38	* A	-6.84596	* temperature
+5.37	* B	-0.070222	* time
+6.25	* C	+0.49656	* mixing rate
-0.76	* A * B	-2.52500E-003	* temperature * time
-2.48	* A * C	-2.48000E-003	* temperature * mixing rate
+0.013	* B * C	+4.16667E-006	* time * mixing rate
+10.10	* A ²	+0.10099	* temperature ²
+2.62	* B ²	+2.90741E-003	* time ²
-5.59	* C ²	-5.58583E-004	* mixing rate ²

Çizelge 4.4.’den de görüldüğü gibi “cubic” fonksiyonda “alias” içeren terimler (ABC, AC², B²C, BC², A³, B³, ve C³) bulunduğundan sistemi modelleyen fonksiyonu oluşturmak için bu terimlerin çıkarılması gerekmektedir.

Çizelge 4.4. Zeolit Y tarafından adsorplanan orafti çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “cubic fonksiyona” ait ANOVA tablosu

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	significant	
Model	1306.79	12	108.90	108.90	1.054E+005	< 0.0001	significant
A-temperature	100.00	1	100.00	100.00	96774.19	< 0.0001	
B-time	24.95	1	24.95	24.95	24145.19	< 0.0001	
C-mixing rate	224.55	1	224.55	2.173E+005	< 0.0001		
AB ² 30	1	2.30	2221.19	0.0004			
AC ² 4.60	1	24.60	23808.00	< 0.0001			
BC ² 6.250E-004	1	6.250E-004	0.60	0.5181			
A ² 376.59	1	376.59	3.644E+005	< 0.0001			
B ² 25.28	1	25.28	24465.51	< 0.0001			
C ² 115.21	1	115.21	1.115E+005	< 0.0001			
ABC	0.000	0					
A ² B	65.90	1	65.90	63769.55	< 0.0001		
A ² C	12.43	1	12.43	12024.30	< 0.0001		
AB ²	21.03	1	21.03	20349.30	< 0.0001		
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	2.067E-003	2	1.033E-003				
Cor Total	1306.79	14					

Std. Dev.	0.032	R-Squared	1.0000
Mean	31.99	Adj R-Squared	1.0000
C.V. %	0.10	Pred R-Squared	N/A
PRESS	N/A	Adeq Precision	1166.216

Case(s) with leverage of 1.0000: Pred R-Squared and PRESS statistic not defined

Factor	Coefficient Estimate	Standard Error	95% CI Lower	95% CI High	VIF
Intercept	28.19	0.019	28.11	28.27	
A-temperature	5.00	0.016	4.93	5.07	2.00
B-time	2.50	0.016	2.43	2.57	2.00
C-mixing rate	7.49	0.016	7.42	7.56	2.00
AB ^{-0.76}	1	0.016	-0.83	-0.69	1.00
AC ^{-2.48}	1	0.016	-2.55	-2.41	1.00
BC ^{0.013}	1	0.016	-0.057	0.082	1.00
A ² 10.10	1	0.017	10.03	10.17	1.01
B ² 2.62	1	0.017	2.54	2.69	1.01
C ² -5.59	1	0.017	-5.66	-5.51	1.01
ABC ALIASED Intercept					
A ² B 5.74	1	0.023	5.64	5.84	2.00
A ² C -2.49	1	0.023	-2.59	-2.39	2.00
AB ² -3.24	1	0.023	-3.34	-3.14	2.00
AC ² ALIASED A, AB ²					
B ² C ALIASED C, A ² C					
BC ² ALIASED B, A ² B					
A ³ ALIASED A					
B ³ ALIASED B					
C ³ ALIASED C					

Final Equation in Terms of Coded Factors:

$$\text{yeild} = +28.19 + 5.00 * A + 2.50 * B + 7.49 * C - 0.76 * A * B - 2.48 * A * C + 0.013 * B * C + 10.10 * A^2 + 2.62 * B^2 - 5.59 * C^2 + 5.74 * A^2 * B - 2.49 * A^2 * C - 3.24 * A * B^2$$

Final Equation in Terms of Actual Factors:
Not available for ALIASED models.

Bu terimler çıkarılarak elde edilen istatistiksel veriler çizelge 4.5.'de verilmiştir. Görüldüğü gibi model “significant”, “R- squared“ değerleri 1.000, “Coefficient of variation” değeri % 0,10 (oldukça düşük) olduğundan fonksiyon sistemi iyi bir şekilde modellenmektedir. Sistemde (Probability>F) >0.05 olan terim (BC) önemsiz olduğundan modelleme içerisinde çıkarılmalıdır.

Çizelge 4.5. Zeolit Y tarafından adsorplanan orafti çözültisi için yazılım programı tarafından önerilen “indirgenmiş cubic type III” fonksiyona ait ANOVA tablosu

Response	1	yeild	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	1306.79	12	108.90	1.054E+005	< 0.0001	significant	
A-temperature	100.00	1	100.00	96774.19	< 0.0001		
B-time	24.95	1	24.95	24145.19	< 0.0001		
C-mixing rate	224.55	1	224.55	2.173E+005	< 0.0001		
AB	2.30	1	2.30	2221.19	0.0004		
AC	24.60	1	24.60	23808.00	< 0.0001		
BC	6.250E-004	1	6.250E-004	0.60	0.5181		
A ²	376.59	1	376.59	3.644E+005	< 0.0001		
B ²	25.28	1	25.28	24465.51	< 0.0001		
C ²	115.21	1	115.21	1.115E+005	< 0.0001		
A ² B	65.90	1	65.90	63769.55	< 0.0001		
A ² C	12.43	1	12.43	12024.30	< 0.0001		
AB ²	21.03	1	21.03	20349.30	< 0.0001		
Pure Error	2.067E-003	2	1.033E-003				
Cor Total	1306.79	14					

Std. Dev.	0.032	R-Squared	1.0000
Mean	31.99	Adj R-Squared	1.0000
C.V. %	0.10	Pred R-Squared	N/A
PRESS	N/A	Adj Precision	1166.216

Coefficient	Estimate	Standard	95% CI	95% CI	High	VIF
Factor		df	Error	Low		
Intercept	28.19	1	0.019	28.11	28.27	
A-temperature	5.00	1	0.016	4.93	5.07	2.00
B-time	2.50	1	0.016	2.43	2.57	2.00
C-mixing rate	7.49	1	0.016	7.42	7.56	2.00
AB -0.76	1	0.016	-0.83	-0.69	1.00	
AC -2.48	1	0.016	-2.55	-2.41	1.00	
BC 0.013	1	0.016	-0.057	0.082	1.00	
A ² 10.10	1	0.017	10.03	10.17	1.01	
B ² 2.62	1	0.017	2.54	2.69	1.01	
C ² -5.59	1	0.017	-5.66	-5.51	1.01	
A ² B 5.74	1	0.023	5.64	5.84	2.00	
A ² C -2.49	1	0.023	-2.59	-2.39	2.00	
AB ² -3.24	1	0.023	-3.34	-3.14	2.00	

Final Equation in Terms of Coded Factors:		Final Equation in Terms of Actual Factors:	
yeild	=	yeild	=
+28.19		+54.59000	
+5.00	* A	-4.77883	* temperature
+2.50	* B	+1.16611	* time
+7.49	* C	+0.11023	* mixing rate
-0.76	* A * B	-0.11236	* temperature * time
-2.48	* A * C	+0.017460	* temperature * mixing rate
+0.013	* B * C	+4.16667E-006	* time * mixing rate
+10.10	* A ²	+0.060967	* temperature ²
+2.62	* B ²	+0.017319	* time ²
-5.59	* C ²	-5.58583E-004	* mixing rate ²
+5.74	* A ² * B	+1.91333E-003	* temperature ² * time
-2.49	* A ² * C	-2.49250E-004	* temperature ² * mixing rate
-3.24	* A * B ²	-3.60278E-004	* temperature * time ²

Çizelge 4.6.'da verilen istatistiksel değerlendirme ve sistem ve modellenmesi elde edilmiştir. Bu model “cubic-Type III” deney dizaynında belirtilen bütün kriterleri karşıladığından sistemi en iyi tanımlayan modeldir.

Çizelge 4.6. Zeolit Y tarafından adsorplanan orafti çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “cubic type III“ fonksiyona istatistiksel ait parametreler

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	1306.79	12	108.90	1.054E+005	< 0.0001	significant
A-temperature	100.00	1	100.00	96774.19	< 0.0001	
B-time	24.95	1	24.95	24145.19	< 0.0001	
C-mixing rate	224.55	1	224.55	2.173E+005	< 0.0001	
AB	2.30	1	2.30	2221.19	0.0004	
AC	24.60	1	24.60	23808.00	< 0.0001	
BC	6.250E-004	1	6.250E-004	0.60	0.5181	
A ²	376.59	1	376.59	3.644E+005	< 0.0001	
B ²	25.28	1	25.28	24465.51	< 0.0001	
C ²	115.21	1	115.21	1.115E+005	< 0.0001	
A ² B	65.90	1	65.90	63769.55	< 0.0001	
A ² C	12.43	1	12.43	12024.30	< 0.0001	
AB ²	21.03	1	21.03	20349.30	< 0.0001	
Pure Error	2.067E-003	2	1.033E-003			
Cor Total	1306.79	14				

Std. Dev.	0.032	R-Squared	1.0000
Mean	31.99	Adj R-Squared	1.0000
C.V. %	0.10	Pred R-Squared	N/A
PRESS	N/A	Adeq Precision	1166.216

Factor	Coefficient Estimate	Standard Error	95% CI Lower	95% CI High	VIF
Intercept	28.19	0.019	28.11	28.27	
A-temperature	5.00	0.016	4.93	5.07	2.00
B-time	2.50	0.016	2.43	2.57	2.00
C-mixing rate	7.49	0.016	7.42	7.56	2.00
AB-0.76	1	0.016	-0.83	-0.69	1.00
AC-2.48	1	0.016	-2.55	-2.41	1.00
BC0.013	1	0.016	-0.057	0.082	1.00
A ² 10.10	1	0.017	10.03	10.17	1.01
B ² 2.62	1	0.017	2.54	2.69	1.01
C ² -5.59	1	0.017	-5.66	-5.51	1.01
A ² B	5.74	0.023	5.64	5.84	2.00
A ² C	-2.49	0.023	-2.59	-2.39	2.00
AB ² -3.24	1	0.023	-3.34	-3.14	2.00

Final Equation in Terms of Coded Factors:	
yeild	=
+28.19	
+5.00 * A	
+2.50 * B	
+7.49 * C	
-0.76 * A * B	
-2.48 * A * C	
+0.013 * B * C	
+10.10 * A ²	
+2.62 * B ²	
-5.59 * C ²	
+5.74 * A ² * B	
-2.49 * A ² * C	
-3.24 * A * B ²	

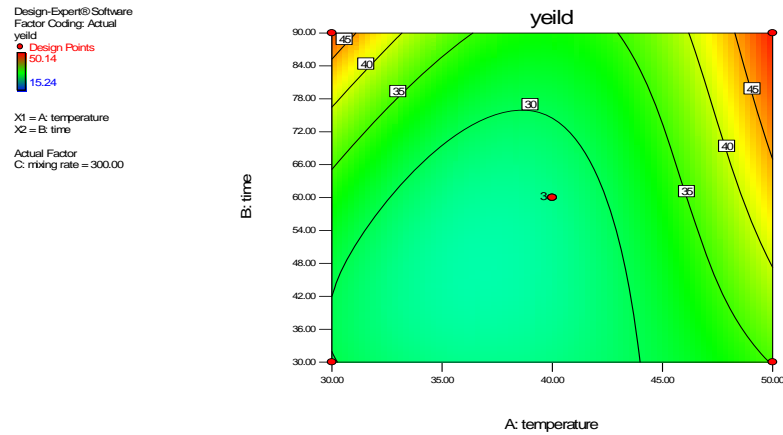
Final Equation in Terms of Actual Factors:	
yeild	=
+54.59000	
-4.77883 * temperature	
+1.16611 * time	
+0.11023 * mixing rate	
-0.11236 * temperature * time	
+0.017460 * temperature * mixing rate	
+4.16667E-006 * time * mixing rate	
+0.060967 * temperature ²	
+0.017319 * time ²	
-5.58583E-004 * mixing rate ²	
+1.91333E-003 * temperature ² * time	
-2.49250E-004 * temperature ² * mixing rate	
-3.60278E-004 * temperature * time ²	

Dolayısıyla zeolit Y tarafından adsorplanan orafti çözeltisi için adsorpsiyonu modelleyen fonksiyon;

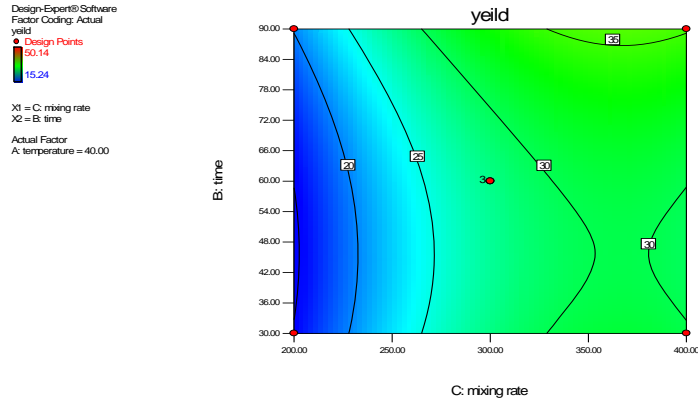
$$y(x) = 28.19 + 5X_1 + 2.5X_2 + 7.49X_3 - 0.76X_1X_2 - 2.48X_1X_3 + 0.013X_2X_3 + 10.10X_1^2 + 2.62X_2^2 - 5.59X_3^2 + 5.74X_1^2X_2 - 2.49X_1^2X_3 - 3.24X_1X_2^2 \quad (4.1)$$

burada $y(x)$; adsorpsiyon verimini, X_1 sıcaklığı, X_2 adsorpsiyon süresini, X_3 karıştırma hızını göstermektedir.

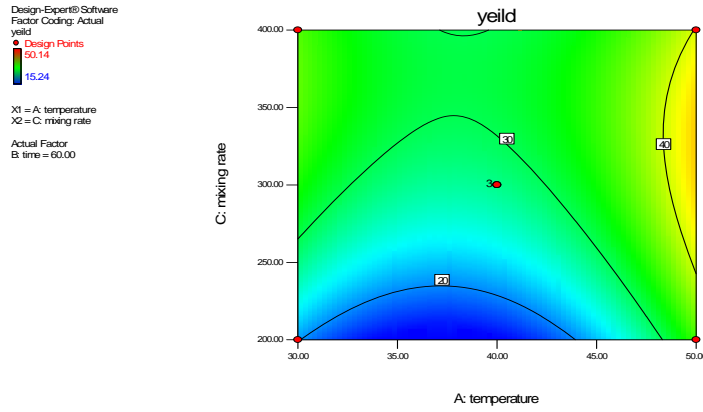
Sistemi modelleyen fonksiyon ve yazılım programı aracılığı ile orafti çözeltisinin zeolit Y ile adsorpsiyonuna ilişkin parametrelerin etkisini ifade eden kontur grafikleri ve cevap yüzeyleri elde edilmiştir. Şekil 4.1’de sıcaklık-süre ikilisinin, şekil 4.2’de karıştırma hızı-süre ikilisinin, şekil 4.3.’de karıştırma hızı-sıcaklık ikilisinin adsorpsiyon verimine ilişkin kontur grafikleri; şekil 4.4., 4.5. ve 4.6.’da ise aynı parametreleri içeren cevap yüzeyleri verilmiştir. Grafiklerden de görüldüğü gibi adsorpsiyon verimi en çok sıcaklığa ve karıştırma hızına bağlıdır. Adsorpsiyon süresi arttıkça verim artsa da sıcaklık veya karıştırma hızı artışında olduğu kadar çok değildir. Benzer çıkarımlar çizelge 4.6.’da parametrelerin “F value“ ve “p value” değerleri karşılaştırılarak da yapılabilir. En yüksek “F value” ve en düşük p value değerine sahip parametre, cevap (response) üzerinde en çok etkiye sahip olan parametredir.



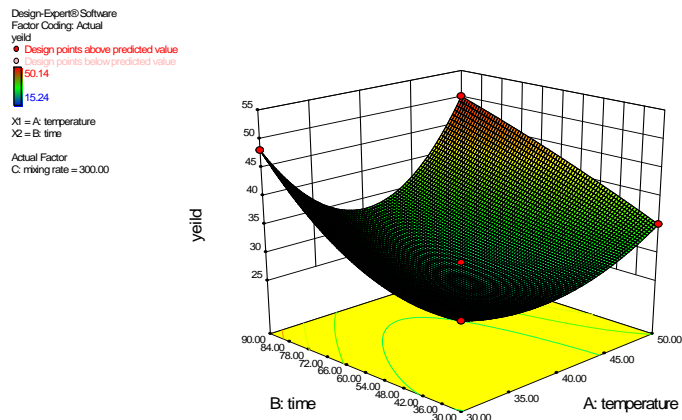
Şekil 4.1. Zeolit Y ile adsorplanan orafti çözeltisinin süre-sıcaklık parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği



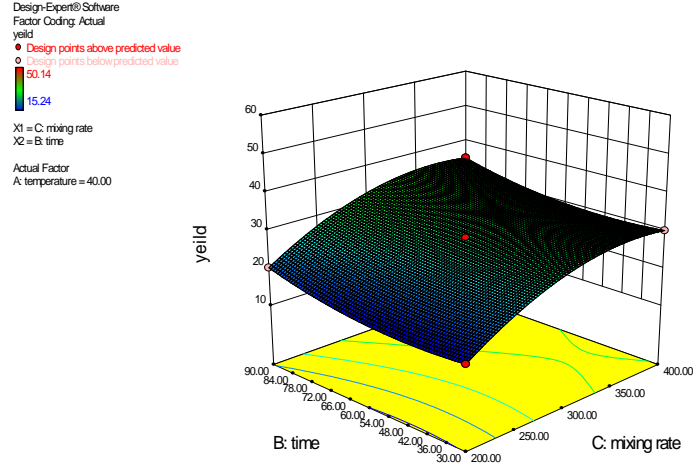
Şekil 4.2. Zeolit Y ile adsorplanan orafti çözeltisinin karıştırma hızı-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği



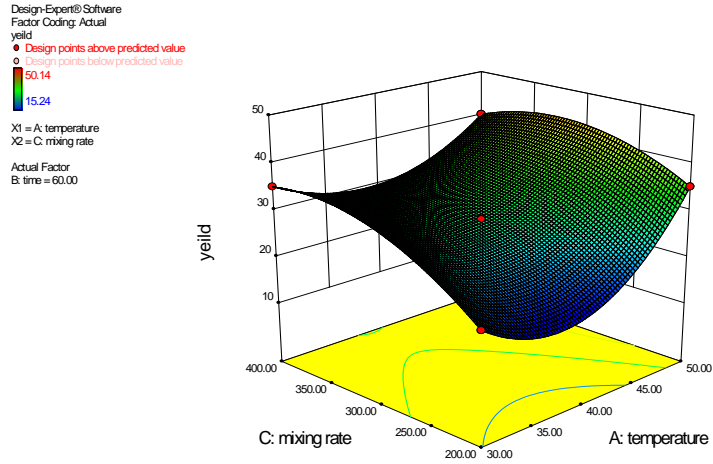
Şekil 4.3. Zeolit Y ile adsorplanan orafti çözeltisinin sıcaklık-karıştırma hızı parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği



Şekil 4.4. Zeolit Y ile adsorplanan orafti çözeltisinin süre-sıcaklık parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren cevap yüzey grafiği



Şekil 4.5. Zeolit Y ile adsorplanan orafti çözeltisinin karıştırma hızı-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren cevap yüzey grafiği



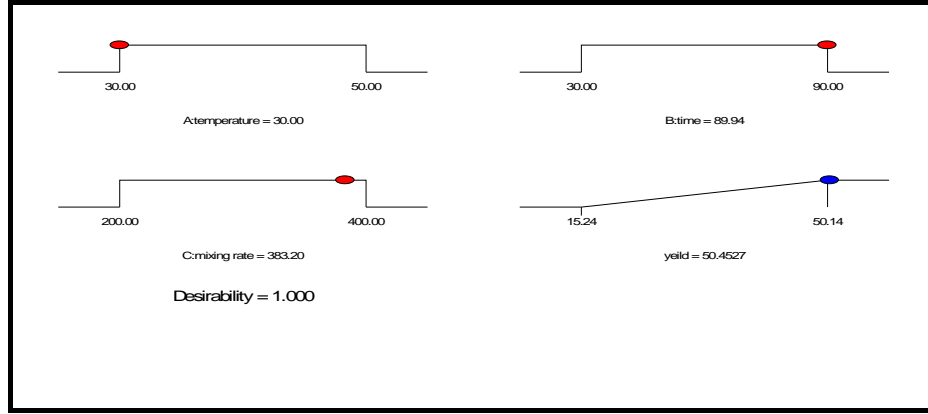
Şekil 4.6. Zeolit Y ile adsorplanan orafti çözeltisinin karıştırma hızı-sıcaklık parametrelerinin adsorpsiyon verimine olan etkisini gösteren cevap yüzey grafiği

Optimizasyon için daha önce de belirtildiği gibi nümerik optimizasyon kullanılmıştır. Optimizasyon kriterleri zeolit Y tarafından adsorplanan orafti çözeltisi için bilgisayar programına girildiğinde 40 adet çözüm bulunmuştur (çizelge 4.7.).

Çizelge 4.7. Zeolit Y ile adsorplanan orafti çözültisinin nümerik optimizasyon sonucunda bilgisayar programından elde edilen çözümleri

Constraints								
Name	Goal	Lower Limit	Upper Limit	Lower Weight	Upper Weight	Weight	Importance	
A: temperature	is in range			30	50	1	1	3
B: time	is in range	30	90	1	1	3		
C: mixing rate	is in range			200	400	1	1	3
yield	maximize	15.24	50.14	1	1	3		
Solutions								
No	temperature	time	mixing rate	yield	Desirability			
1	49.98	89.88	305.94	50.1888	1.000			
2	49.96	89.54	326.34	50.1864	1.000			
3	30.02	89.79	345.28	50.1814	1.000			
4	30.03	89.98	393.25	50.1555	1.000			
5	49.96	89.44	318.30	50.1593	1.000			
6	49.98	89.99	335.19	50.2842	1.000			
7	50.00	90.00	300.00	50.14	1.000			
8	50.00	88.76	326.56	50.1519	1.000			
9	49.97	89.72	314.83	50.2502	1.000			
10	30.02	89.98	343.26	50.2741	1.000			
11	49.95	89.58	317.08	50.1534	1.000			
12	30.00	89.94	383.20	50.4527	1.000			
13	49.98	89.15	320.34	50.197	1.000			
14	50.00	88.75	321.88	50.1567	1.000			
15	30.11	89.97	355.31	50.2155	1.000			
16	49.94	89.98	329.72	50.2176	1.000			
17	49.98	89.80	340.20	50.1565	1.000			
18	30.00	90.00	396.91	50.1404	1.000			
19	50.00	89.40	306.44	50.1451	1.000			
20	49.96	89.34	324.62	50.1507	1.000			
21	30.10	89.78	366.85	50.2052	1.000			
22	30.07	89.63	359.23	50.1484	1.000			
23	30.02	89.63	380.43	50.2222	1.000			
24	49.93	89.69	321.39	50.1433	1.000			
25	49.99	89.96	312.94	50.3217	1.000			
26	50.00	88.52	327.46	50.1011	0.999			
27	30.00	90.00	334.13	50.0422	0.997			
28	30.00	90.00	400.00	50.0342	0.997			
29	49.79	90.00	324.52	49.7862	0.990			
30	50.00	89.02	364.20	49.2511	0.975			
31	50.00	83.85	325.89	49.1156	0.971			
32	50.00	90.00	371.79	49.0701	0.969			
33	30.51	90.00	400.00	48.6308	0.957			
34	30.66	90.00	400.00	48.2292	0.945			
35	30.00	90.00	301.08	48.22	0.945			
36	32.54	90.00	400.00	43.7455	0.817			
37	47.42	90.00	335.78	43.5869	0.812			
38	50.00	58.57	400.00	39.8614	0.705			
39	30.00	30.00	366.94	32.6541	0.499			
40	30.00	30.00	387.39	32.4208	0.492			

Bu çözümler içinde istenilirliği 1 olanlar içinden en yüksek verimi veren 12. çözüm rampa şeklinde şekil 4.7’de verilmiştir.



Şekil 4.7. Nümerik optimizasyon sonucunda 12. çözümün rampa grafiği

4.2. Zeolit Y Adsorbenti Tarafından Adsorplanan Orafiti-Glikoz Çözeltilisi İçin Cevap Yüzeği ve Kontur Grafiklerinin Oluşturulması

Tezin 3.2.2. deney dizaynı kısmında belirtilen koşullarda adsorpsiyon deneyleri gerçekleştirilmiş, dizayn ve verimler dizayn expert yazılım programına çizelge 4.8.'de verilen haliyle girilmiştir.

Çizelge 4.8. Zeolit Y ile adsorplama işlemi gerçekleştirilen orafti-glikoz çözeltisinin cevap yüzeğini oluşturulmak için Design Expert programına girilen veriler

Std	Run	Factor 1 A:tempeture degree C	Factor 2 B:time minute	Factor 3 C:mixing rate rpm	Response 1 yield per cent
1	1	30.00	30.00	300.00	42.89
5	2	30.00	60.00	200.00	40.4
2	3	50.00	30.00	300.00	25.5
13	4	40.00	60.00	300.00	30.47
7	5	30.00	60.00	400.00	32.95
11	6	40.00	30.00	400.00	37.92
10	7	40.00	90.00	200.00	38.1
15	8	40.00	60.00	300.00	30.47
3	9	30.00	90.00	300.00	30.47
4	10	50.00	90.00	300.00	20.54
6	11	50.00	60.00	200.00	15.57
9	12	40.00	30.00	200.00	35.44
12	13	40.00	90.00	400.00	45.37
14	14	40.00	60.00	300.00	30.47
8	15	50.00	60.00	400.00	47.85

Çizelge 4.8.'deki veriler yazılım programı aracılığıyla istatistiksel olarak incelendiğinde (çizelge 4.9.) “cubic” ya da daha yüksek dereceli polinomlarda “alias” gözlenmektedir. Kullanılan diğer fonksiyonlar istatistiksel olarak değerlendirildiğinde “2FI fonksiyonunun” öncelikle denenmesi gerektiği görülmüştür.

Çizelge 4.9. Zeolit Y tarafından adsorplanan orafti-glikoz çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “cubic fonksiyona” ait istatistiksel parametreler

Response 1 yield Transform: None

*** WARNING: The Cubic Model and higher are Aliased! ***

Summary (detailed tables shown below)

Source	Sequential p-value	Lack of Fit p-value	Adjusted R-Squared	Predicted R-Squared	
Linear	0.2607		0.1026	-0.4834	
2FI	<u>0.0978</u>		<u>0.4150</u>	<u>-0.6684</u>	Suggested
Quadratic	0.2054		0.5973	-1.3011	
Cubic	< 0.0001		1.0000		Aliased

Sequential Model Sum of Squares [Type I]

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Mean vs Total	<u>16961.96</u>	1	<u>16961.96</u>			Suggested
Linear vs Mean	329.52	3	109.84	1.53	0.2607	
2FI vs Linear	<u>414.27</u>	<u>3</u>	<u>138.09</u>	<u>2.96</u>	<u>0.0978</u>	Suggested
Quadratic vs 2I	212.81	3	70.94	2.21	0.2054	
Cubic vs Quadi	160.69	3	53.56	6.366E+007	< 0.0001	Aliased
Residual	0.000	2	0.000			
Total	18079.25	15	1205.28			

"Sequential Model Sum of Squares [Type I]": Select the highest order polynomial where the additional terms are significant and the model is not aliased.

Lack of Fit Tests

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F
Linear	787.77	9	87.53		
2FI	373.50	6	62.25		
Quadratic	160.69	3	53.56		
Cubic	0.000	0			
Pure Error	0.000	2	0.000		

"Lack of Fit Tests": Want the selected model to have insignificant lack-of-fit.

Model Summary Statistics

Source	Std. Dev.	R-Squared	Adjusted R-Squared	Predicted R-Squared	PRESS	
Linear	8.46	0.2949	0.1026	-0.4834	1657.35	
2FI	<u>6.83</u>	<u>0.6657</u>	<u>0.4150</u>	<u>-0.6684</u>	<u>1864.12</u>	Suggested
Quadratic	5.67	0.8562	0.5973	-1.3011	2571.04	
Cubic	0.000	1.0000	1.0000			+ Aliased

Case(s) with leverage of 1.0000: PRESS statistic not defined

"Model Summary Statistics": Focus on the model maximizing the "Adjusted R-Squared" and the "Predicted R-Squared".

Yazılım programında 2FI fonksiyonu seçilip “ANOVA” tablosu oluşturulduğunda modelin “not significant” diğer bir anlamda geçersiz olduğu görülmüştür (çizelge 4.10). 2FI fonksiyonu yerine “alias” içermeyen, hiyerarşik anlamda geçerli,

terimlerin tamamının “significant” olduğu fonksiyon türü seçilerek çizelge 4.11.’deki veriler elde edilmiştir.

Çizelge 4.10. Zeolit Y ile adsorplanan orafti-glikoz çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “2FI fonksiyonuna” ait “ANOVA” tablosu

Response 1 yield						
ANOVA for Response Surface 2FI 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	743.79	6	123.97	2.66	0.1011 not significant	
A-temperature	173.45	1	173.45	3.72	0.0901	
B-time	6.61	1	6.61	0.14	0.7166	
C-mixing rate	149.47	1	149.47	3.20	0.1114	
AB	13.91	1	13.91	0.30	0.6000	
AC	394.62	1	394.62	8.45	0.0197	
BC	5.74	1	5.74	0.12	0.7350	
Residual	373.50	8	46.69			
Lack of Fit	373.50	6	62.25			
Pure Error	0.000	2	0.000			
Cor Total	1117.29	14				
Std. Dev.	6.83		R-Squared	0.6657		
Mean	33.63		Adj R-Squared	0.4150		
C.V. %	20.32		Pred R-Square	-0.6684		
PRESS	1864.12		Adeq Precisor	6.251		
Factor	Coefficient Estimate	df	Standard Error	95% CI Low	95% CI High	VIF
Intercept	33.63	1	1.76	29.56	37.70	
A-temperature	-4.66	1	2.42	-10.23	0.91	1.00
B-time	-0.91	1	2.42	-6.48	4.66	1.00
C-mixing rate	4.32	1	2.42	-1.25	9.89	1.00
AB	1.87	1	3.42	-6.01	9.74	1.00
AC	9.93	1	3.42	2.05	17.81	1.00
BC	1.20	1	3.42	-6.68	9.08	1.00
Final Equation in Terms of Coded Factors:			Final Equation in Terms of Actual Factors:			
yield =			yield =			
+33.63			+182.39733			
-4.66 * A			-3.81838 * temperature			
-0.91 * B			-0.39871 * time			
+4.32 * C			-0.37803 * mixing rate			
+1.87 * A * B			+6.21667E-003 * temperature * time			
+9.93 * A * C			+9.93250E-003 * temperature * mixing rate			
+1.20 * B * C			+3.99167E-004 * time * mixing rate			

Çizelge 4.11. Zeolit Y ile adsorplanan orafti -glikoz çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “cubic type III fonksiyonuna” ait “ANOVA” tablosu

Response 1 yield						
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	significant
Model	1117.29	12	93.11	6.366E+007	< 0.0001	significant
A-temperature	24.65	1	24.65	6.366E+007	< 0.0001	
B-time	25.55	1	25.55	6.366E+007	< 0.0001	
C-mixing rate	23.77	1	23.77	6.366E+007	< 0.0001	
AB	13.91	1	13.91	6.366E+007	< 0.0001	
AC	394.62	1	394.62	6.366E+007	< 0.0001	
BC	5.74	1	5.74	6.366E+007	< 0.0001	
A ²	29.31	1	29.31	6.366E+007	< 0.0001	
B ²	17.83	1	17.83	6.366E+007	< 0.0001	
C ²	157.93	1	157.93	6.366E+007	< 0.0001	
A ² B	94.46	1	94.46	6.366E+007	< 0.0001	
A ² C	28.43	1	28.43	6.366E+007	< 0.0001	
AB ²	37.80	1	37.80	6.366E+007	< 0.0001	
Pure Error	0.000	2	0.000			
Cor Total	1117.29	14				

Std. Dev.	0.000	R-Squared	1.0000
Mean	33.63	Adj R-Squared	1.0000
C.V. %	0.000	Pred R-Square	N/A
PRESS	N/A	Adeq Precisor	

Case(s) with leverage of 1.0000: Pred R-Squared and PRESS statistic not defined

Factor	Coefficient Estimate	df	Standard Error	95% CI Low	95% CI High	VIF
Intercept	30.47	1				
A-temperature	-2.48	1				2.00
B-time	2.53	1				2.00
C-mixing rate	2.44	1				2.00
AB	1.87	1				1.00
AC	9.93	1				1.00
BC	1.20	1				1.00
A ²	-2.82	1				1.01
B ²	2.20	1				1.01
C ²	6.54	1				1.01
A ² B	-6.87	1				2.00
A ² C	3.77	1				2.00
AB ²	-4.35	1				2.00

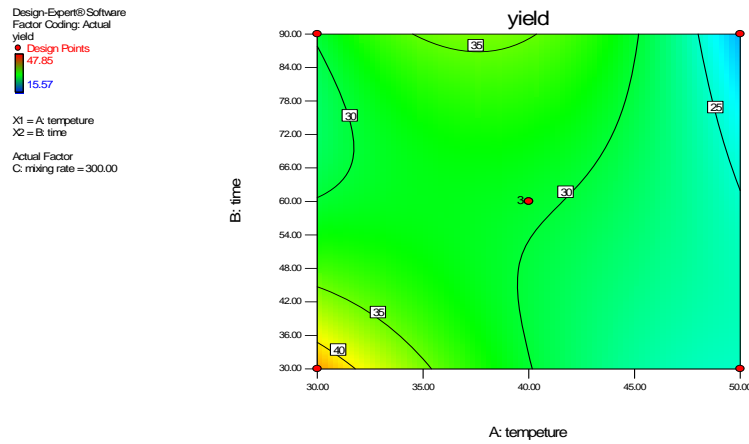
Final Equation in Terms of Coded Factors:	Final Equation in Terms of Actual Factors:
yield =	yield =
+30.47	+300.41750
-2.48 * A	-5.03400 * temperature
+2.53 * B	-6.56117 * time
+2.44 * C	-0.18607 * mixing rate
+1.87 * A * B	+0.24745 * temperature * time
+9.93 * A * C	-0.020228 * temperature * mixing rate
+1.20 * B * C	+3.99167E-004 * time * mixing rate
-2.82 * A ²	-3.82500E-003 * temperature ²
+2.20 * B ²	+0.021764 * time ²
+6.54 * C ²	+6.54000E-004 * mixing rate ²
-6.87 * A ² * B	-2.29083E-003 * temperature ² * time
+3.77 * A ² * C	+3.77000E-004 * temperature ² * mixing rate
-4.35 * A * B ²	-4.83056E-004 * temperature * time ²

Çizelge 4.11.'de detayları verilen “cubic type III” fonksiyonu bütün kıstasları karşıladığından sistemi en iyi tanımlayan fonksiyondur. Dolayısıyla zeolit Y ile adsorplanan orafti-glikoz çözeltisi için adsorpsiyonu modelleyen fonksiyon;

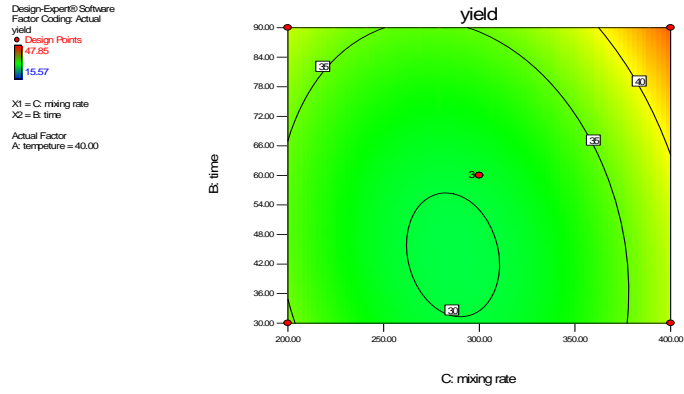
$$y(x) = 30.47 - 2.28X_1 + 2.53X_2 + 2.44X_3 + 1.87X_1X_2 + 9.93X_1X_3 + 1.20X_2X_3 - 2.82X_1^2 + 2.20X_2^2 + 6.54X_3^2 - 6.87X_1^2X_2 + 3.77X_1^2X_3 - 4.35X_1X_2^2 \quad (4.2)$$

burada $y(x)$; adsorpsiyon verimini, X_1 sıcaklığı, X_2 adsorpsiyon süresini, X_3 karıştırma hızını göstermektedir.

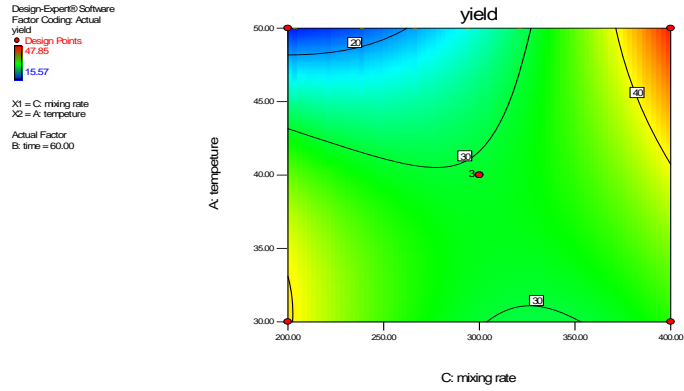
Sistemi modelleyen fonksiyon ve yazılım programı aracılığıyla orafti-glikoz çözeltisi için zeolit Y ile adsorpsiyonuna belirlenen parametrelerin etkisini ifade eden kontur grafikleri ve cevap yüzeyleri elde edilmiştir. Şekil 4.8’de sıcaklık-süre ikilisinin, şekil 4.9’da karıştırma hızı-süre ikilisinin, şekil 4.10’da karıştırma hızı-sıcaklık ikilisinin adsorpsiyon verimine olan etkisine olan kontur grafikleri; şekil 4.11., 4.12. ve 4.13’de ise aynı parametreleri içeren cevap yüzeyleri verilmiştir. Grafiklerden de görüldüğü gibi adsorpsiyon verimi bütün parametrelerden ve birbirleri ile olan etkileşimlerinden eşdeğer şekilde etkilenmektedir. Benzer çıkarımlar çizelge 4.10.’da parametrelerin “F values “ ve “P value” değerleri karşılaştırılarak da yapılabilir.



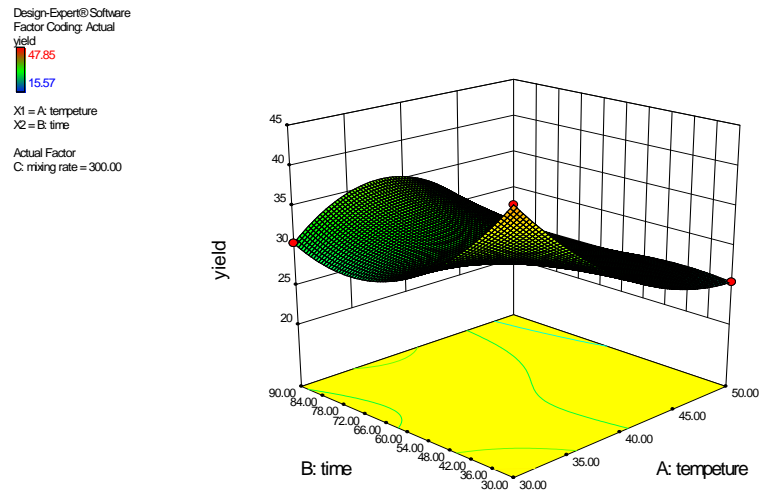
Şekil 4.8. Zeolit Y ile adsorplanan orafti-glikoz çözeltisinin sıcaklık-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği



Şekil 4.9. Zeolit Y ile adsorplanan orafti-glikoz çözeltisinin karıştırma hızı-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği

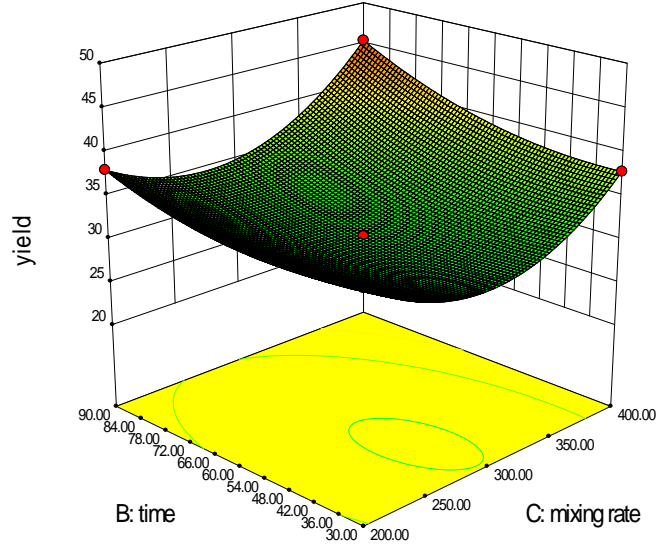


Şekil 4.10. Zeolit Y ile adsorplanan orafti-glikoz çözeltisinin karıştırma hızı-sıcaklık parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği



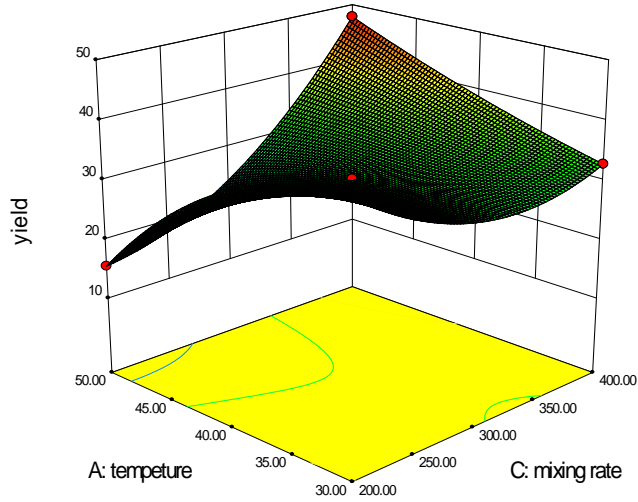
Şekil 4.11. Zeolit Y ile adsorplanan orafti-glikoz çözeltisinin sıcaklık-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine olan etkisini gösteren cevap yüzey grafiği

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual
yield
47.85
15.57
X1 = C: mixing rate
X2 = B: time
Actual Factor
A: temperture = 40.00



Şekil 4.12. Zeolit Y ile adsorplanan orafti-glikoz çözeltisinin karıştırma hızı-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren cevap yüzey grafiği

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual
yield
47.85
15.57
X1 = C: mixing rate
X2 = A: temperture
Actual Factor
B: time = 60.00



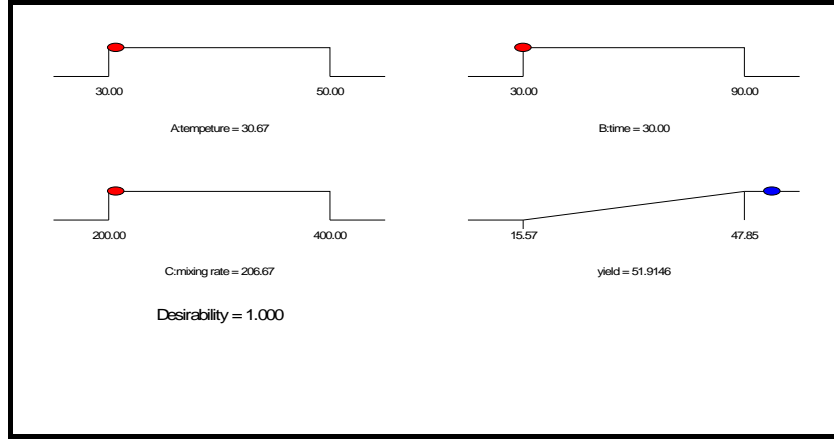
Şekil 4.13. Zeolit Y ile adsorplanan orafti-glikoz çözeltisinin karıştırma hızı-sıcaklık parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren cevap yüzey grafiği

Optimizasyon kriterleri zeolit Y tarafından adsorplanan orafti-glikoz çözeltisi için uygulandığında 36 adet çözüm bulunmuştur (çizelge 4.12.).

Çizelge 4.12. Nümerik optimizasyon sonucunda zeolit Y ile adsorplanan orafti-glikoz çözeltisi için bilgisayar programından elde edilen çözümler

Constraints						
Name	Goal	Lower Limit	Upper Limit	Lower Weight	Upper Weight	Importance
A:tempeture	is in range	30	50	1	1	3
B:time	is in range	30	90	1	1	3
C:mixing rate	is in range	200	400	1	1	3
yield	maximize	15.57	47.85	1	1	3
Solutions						
Number	tempeture	time	mixing rate	yield	Desirability	
1	<u>50.00</u>	<u>60.00</u>	<u>400.00</u>	<u>47.85</u>	<u>1.000</u>	
2	49.96	49.46	399.62	47.8795	1.000	
3	30.05	30.04	240.11	48.0575	1.000	
4	31.02	33.57	212.41	48.251	1.000	
5	49.87	48.45	400.00	47.8555	1.000	
6	30.67	30.00	205.67	51.9146	1.000	
7	30.23	30.49	218.06	50.5731	1.000	
8	30.47	37.00	201.70	46.4332	1.000	
9	30.70	36.72	204.63	48.3063	1.000	
10	30.01	32.96	202.67	51.9084	1.000	
11	31.10	30.37	215.10	48.5069	1.000	
12	49.93	50.28	399.67	47.8581	1.000	
13	30.27	37.02	202.73	49.061	1.000	
14	30.12	36.78	204.19	49.154	1.000	
15	49.91	53.47	399.83	47.871	1.000	
16	49.96	45.30	399.88	47.8673	1.000	
17	49.88	55.78	400.00	47.8553	1.000	
18	49.98	51.05	399.84	47.9681	1.000	
19	50.00	69.14	400.00	47.2594	0.982	
20	50.00	31.52	400.00	47.1297	0.978	
21	50.00	72.49	400.00	46.9431	0.972	
22	50.00	74.26	400.00	46.7546	0.966	
23	49.97	75.57	400.00	46.5989	0.961	
24	44.19	90.00	400.00	46.412	0.955	
25	50.00	77.50	400.00	46.3705	0.954	
26	45.06	90.00	399.47	46.2488	0.950	
27	50.00	79.44	400.00	46.1165	0.946	
28	46.35	87.84	400.00	46.061	0.945	
29	49.34	30.00	400.00	45.9034	0.940	
30	30.00	30.03	400.00	44.4911	0.896	
31	30.00	30.00	399.08	44.4314	0.894	
32	30.34	30.00	399.73	44.0092	0.881	
33	36.46	90.00	400.00	42.8707	0.846	
34	30.00	30.00	374.55	42.8544	0.845	
35	34.46	90.00	200.00	42.2221	0.826	
36	34.68	90.00	200.00	42.216	0.825	

Bu çözümler içinde istenirliği 1 olanlar içinde en yüksek verimi veren 6. çözüm rampa şeklinde şekil 4.14'de verilmiştir.



Şekil 4.14. Nümerik optimizasyon sonucunda 6. çözümün rampa grafiği

4.3. Zeolit Y Adsorbenti Tarafından Adsorplanan Orafti–Früktoz Çözeltisi İçin Cevap Yüzeyi ve Kontur Grafiklerinin Oluşturulması

Tezin 3.2.2 deney dizaynı kısmında belirtilen koşullardaki adsorpsiyon verimleri yazılım programına çizelge 4.13.'de belirtilen haliyle girilmiştir

Çizelge 4.13. Zeolit Y ile adsorplanan orafti –früktoz çözeltisi için adsorpsiyona ilişkin yazılım programına girilen veriler

Std	Run	Factor 1 A:tempeture degree C	Factor 2 B:time minute	Factor 3 C:mixing rate rpm	Response 1 yield per cent
5	1	30.00	60.00	200.00	30.13
8	2	50.00	60.00	400.00	42.61
15	3	40.00	60.00	300.00	20.15
3	4	30.00	90.00	300.00	67.56
14	5	40.00	60.00	300.00	20.15
10	6	40.00	90.00	200.00	10.17
7	7	30.00	60.00	400.00	5.17
6	8	50.00	60.00	200.00	25.14
2	9	50.00	30.00	300.00	37.62
9	10	40.00	30.00	200.00	25.14
11	11	40.00	30.00	400.00	40.11
1	12	30.00	30.00	300.00	15.16
4	13	50.00	90.00	300.00	45.1
13	14	40.00	60.00	300.00	20.15
12	15	40.00	90.00	400.00	45.1

Yazılım programı tarafından “quadretic fonksiyon” önerilmesine rağmen (çizelge 4.14.) “ANOVA tablosu” oluşturulduğunda modelin “not significant” (geçersiz) olduğu görüldüğünden (çizelge 4.15.) kriterleri sağlayan fonksiyon türü ve detaylı bilgiler çizelge 4.16.’deki haliyle elde edilmiştir.

Çizelge 4.14. Zeolit Y ile adsorplanan orafti–früktoz çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “quadretic fonksiyona” ait istatistiksel parametreler

Response	1	yield	Transform:	None	
*** WARNING: The Cubic Model and higher are Aliased! ***					
Summary (detailed tables shown below)					
	Sequential	Lack of Fit	Adjusted	Predicted	
Source	p-value	p-value	R-Squared	R-Squared	
Linear	0.5228		-0.0464	-0.6842	
2FI	0.3164		0.0526	-1.5616	
<u>Quadratic</u>	<u>0.3792</u>		<u>0.1398</u>	<u>-3.9154</u>	
Cubic	< 0.0001		1.0000	Aliased	
Sequential Model Sum of Squares [Type I]					
	Sum of		Mean		
Source	Squares	df	Square	F	
				Value	
				p-value	
				Prob > F	
Mean vs Total	13467.62	1	13467.62		Suggested
Linear vs Mear	667.70	3	222.57	0.79	0.5228
2FI vs Linear	1054.13	3	351.38	1.38	0.3164
<u>Quadratic vs 2I</u>	<u>879.14</u>	<u>3</u>	<u>293.05</u>	<u>1.27</u>	<u>0.3792</u>
Cubic vs Quadi	1153.38	3	384.46	6.366E+007	< 0.0001
Residual	0.000	2	0.000		Aliased
Total	17221.97	15	1148.13		
"Sequential Model Sum of Squares [Type I]": Select the highest order polynomial where the additional terms are significant and the model is not aliased.					
Lack of Fit Tests					
	Sum of		Mean		
Source	Squares	df	Square	F	
				Value	
				p-value	
				Prob > F	
Linear	3086.65	9	342.96		
2FI	2032.52	6	338.75		
Quadratic	1153.38	3	384.46		
Cubic	0.000	0			
Pure Error	0.000	2	0.000		
"Lack of Fit Tests": Want the selected model to have insignificant lack-of-fit.					
Model Summary Statistics					
	Std.		Adjusted	Predicted	
Source	Dev.	R-Squared	R-Squared	R-Squared	
				PRESS	
Linear	16.75	0.1778	-0.0464	-0.6842	6323.21
2FI	15.94	0.4586	0.0526	-1.5616	9617.01
<u>Quadratic</u>	<u>15.19</u>	<u>0.6928</u>	<u>0.1398</u>	<u>-3.9154</u>	<u>18454.07</u>
Cubic	0.000	1.0000	1.0000		+
					Aliased
+ Case(s) with leverage of 1.0000: PRESS statistic not defined					
"Model Summary Statistics": Focus on the model maximizing the "Adjusted R-Squared" and the "Predicted R-Squared".					

Çizelge 4.15. Zeolit Y ile adsorplanan orafti–früktoz çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “quadretic fonksiyona” ait “ANOVA” tablosu

Response 1 yield					
ANOVA for Response Surface Quadratic 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	2600.97	9	289.00	1.25	0.4224 not significant
A-temperature	131.63	1	131.63	0.57	0.4841
B-time	311.25	1	311.25	1.35	0.2978
C-mixing rate	224.83	1	224.83	0.97	0.3689
AB	504.45	1	504.45	2.19	0.1993
AC	450.08	1	450.08	1.95	0.2213
BC	99.60	1	99.60	0.43	0.5402
A ²	261.85	1	261.85	1.14	0.3354
B ²	603.88	1	603.88	2.62	0.1666
C ²	29.13	1	29.13	0.13	0.7368
Residual	1153.38	5	230.68		
Lack of Fit	1153.38	3	384.46		
Pure Error	0.000	2	0.000		
Cor Total	3754.35	14			

Std. Dev.	15.19	R-Squared	0.6928
Mean	29.96	Adj R-Squared	0.1398
C.V. %	50.69	Pred R-Square	-3.9154
PRESS	18454.07	Adeq Precisor	3.295

Factor	Coefficient		Standard Error	95% CI		VIF
	Estimate	df		Low	High	
Intercept	20.15	1	8.77	-2.39	42.69	
A-temperature	4.06	1	5.37	-9.75	17.86	1.00
B-time	6.24	1	5.37	-7.57	20.04	1.00
C-mixing rate	5.30	1	5.37	-8.50	19.10	1.00
AB	-11.23	1	7.59	-30.75	8.29	1.00
AC	10.61	1	7.59	-8.91	30.13	1.00
BC	4.99	1	7.59	-14.53	24.51	1.00
A ²	8.42	1	7.90	-11.90	28.74	1.01
B ²	12.79	1	7.90	-7.53	33.11	1.01
C ²	-2.81	1	7.90	-23.13	17.51	1.01

Final Equation in Terms of Coded Factors:		Final Equation in Terms of Actual Factors:	
yield =		yield =	
+20.15		+203.55250	
+4.06 * A		-7.26763 * temperature	
+6.24 * B		-0.49892 * time	
+5.30 * C		-0.30256 * mixing rate	
-11.23 * A * B		-0.037433 * temperature * time	
+10.61 * A * C		+0.010607 * temperature * mixing rate	
+4.99 * B * C		+1.66333E-003 * time * mixing rate	
+8.42 * A ²		+0.084213 * temperature ²	
+12.79 * B ²		+0.014210 * time ²	
-2.81 * C ²		-2.80875E-004 * mixing rate ²	

Çizelge 4.16 Zeolit Y ile adsorplanan orafti–früktoz çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “cubic fonksiyona” ait “ANOVA” tablosu

Response 1 yield						
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	3754.35	12	312.86	6.366E+007	< 0.0001	significant
A-temperature	263.25	1	263.25	6.366E+007	< 0.0001	
B-time	24.90	1	24.90	6.366E+007	< 0.0001	
C-mixing rate	622.50	1	622.50	6.366E+007	< 0.0001	
AB	504.45	1	504.45	6.366E+007	< 0.0001	
AC	450.08	1	450.08	6.366E+007	< 0.0001	
BC	99.60	1	99.60	6.366E+007	< 0.0001	
A ²	261.85	1	261.85	6.366E+007	< 0.0001	
B ²	603.88	1	603.88	6.366E+007	< 0.0001	
C ²	29.13	1	29.13	6.366E+007	< 0.0001	
A ² B	610.05	1	610.05	6.366E+007	< 0.0001	
A ² C	411.70	1	411.70	6.366E+007	< 0.0001	
AB ²	131.63	1	131.63	6.366E+007	< 0.0001	
Pure Error	0.000	2	0.000			
Cor Total	3754.35	14				

Std. Dev.	0.000	R-Squared	1.0000
Mean	29.96	Adj R-Squared	1.0000
C.V. %	0.000	Pred R-Square	N/A
PRESS	N/A	Adeq Precisor	

Case(s) with leverage of 1.0000: Pred R-Squared and PRESS statistic not defined

Factor	Coefficient Estimate	df	Standard Error	95% CI Low	95% CI High	VIF
Intercept	20.15	1				
A-temperature	8.11	1				2.00
B-time	-2.50	1				2.00
C-mixing rate	12.48	1				2.00
AB	-11.23	1				1.00
AC	10.61	1				1.00
BC	4.99	1				1.00
A ²	8.42	1				1.01
B ²	12.79	1				1.01
C ²	-2.81	1				1.01
A ² B	17.47	1				2.00
A ² C	-14.35	1				2.00
AB ²	-8.11	1				2.00

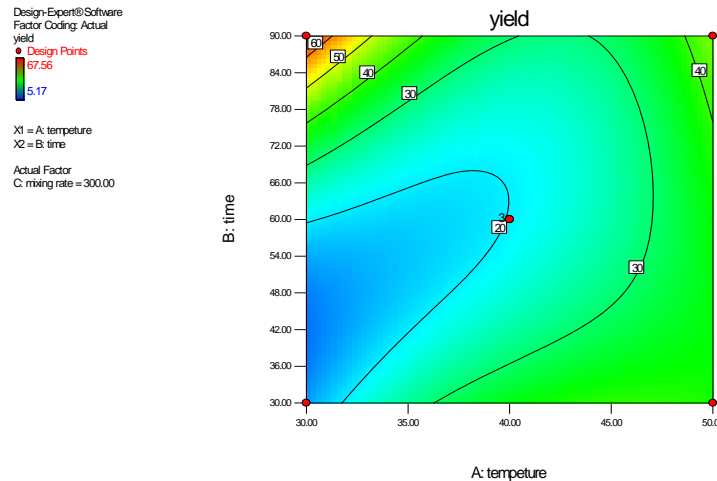
Final Equation in Terms of Coded Factors:	Final Equation in Terms of Actual Factors:
yield =	yield =
+20.15	+442.87125
+8.11 * A	-16.59700 * temperature
-2.50 * B	+4.19800 * time
+12.48 * C	-2.52642 * mixing rate
-11.23 * A * B	-0.39500 * temperature * time
+10.61 * A * C	+0.12539 * temperature * mixing rate
+4.99 * B * C	+1.66333E-003 * time * mixing rate
+8.42 * A ²	+0.16534 * temperature ²
+12.79 * B ²	+0.050265 * time ²
-2.81 * C ²	-2.80875E-004 * mixing rate ²
+17.47 * A ² * B	+5.82167E-003 * temperature ² * time
-14.35 * A ² * C	-1.43475E-003 * temperature ² * mixing rate
-8.11 * A * B ²	-9.01389E-004 * temperature * time ²

Dolayısıyla; Zeolit Y tarafından adsorplanan orafti-früktoz çözeltisi için adsorpsiyonu modelleyen fonksiyon;

$$y(x) = 20.15 + 8.11X_1 - 2.50X_2 + 12.48X_3 - 11.23X_1X_2 + 10.61X_1X_3 + 4.99X_2X_3 + 8.42X_1^2 + 12.79X_2^2 - 2.81X_3^2 + 17.47X_1^2X_2 - 14.35X_1^2X_3 - 8.11X_1X_2^2 \quad (4.3)$$

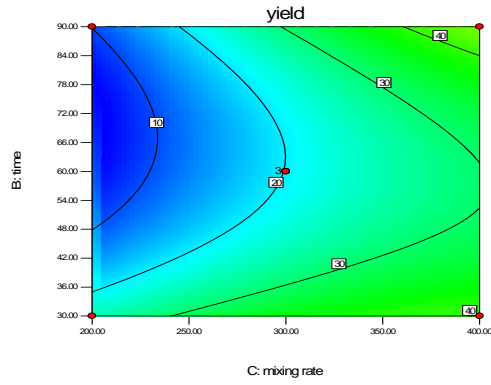
burada $y(x)$; adsorpsiyon verimini, X_1 sıcaklığı, X_2 adsorpsiyon süresini, X_3 karıştırma hızını göstermektedir.

Sistemi modelleyen fonksiyon ve yazılım programı aracılığıyla zeolit Y ile adsorplanan orafti-früktoz çözeltisi için adsorpsiyonuna belirlenen parametrelerin etkisini ifade eden kontur grafikleri ve cevap yüzeyleri elde edilmiştir. Şekil 4.15’de sıcaklık-süre ikilisinin, şekil 4.16’da karıştırma hızı-süre ikilisinin, şekil 4.17’de karıştırma hızı-sıcaklık ikilisinin adsorpsiyon verimine olan etkisine olan kontur grafikleri; şekil 4.18., 4.19. ve 4.20’de ise aynı parametreleri içeren cevap yüzeyleri verilmiştir. Grafiklerden de görüldüğü gibi adsorpsiyon verimi bütün parametrelerden ve birbirleri ile olan etkileşimlerinden eşdeğer şekilde etkilenmektedir. Benzer çıkarımlar çizelge 4.16.’da parametrelerin “F value“ ve “p value” değerleri karşılaştırılarak da yapılabilir.



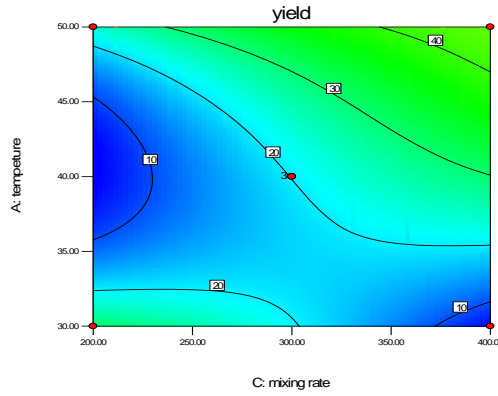
Şekil 4.15. Zeolit Y ile adsorplanan orafti-früktoz çözeltisinin sıcaklık-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual
yield
● Design Points
67.56
5.17
X1 = C: mixing rate
X2 = B: time
Actual Factor
A: temperature = 40.00



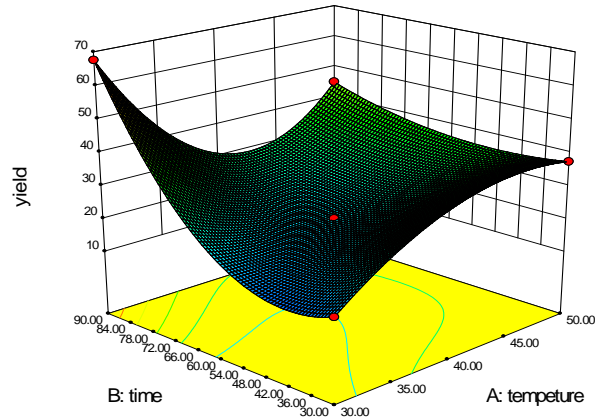
Şekil 4.16. Zeolit Y ile adsorplanan orafti-früktoz çözeltisinin karıştırma hızı-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual
yield
● Design Points
67.56
5.17
X1 = C: mixing rate
X2 = A: temperature
Actual Factor
B: time = 60.00



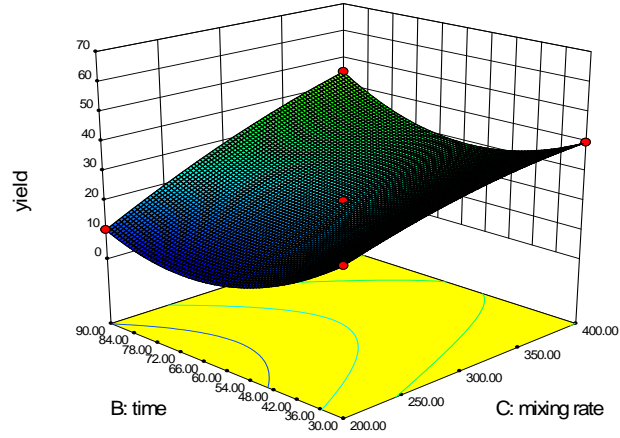
Şekil 4.17. Zeolit Y ile adsorplanan orafti-früktoz çözeltisinin karıştırma hızı-sıcaklık parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual
yield
67.56
5.17
X1 = A: temperature
X2 = B: time
Actual Factor
C: mixing rate = 300.00



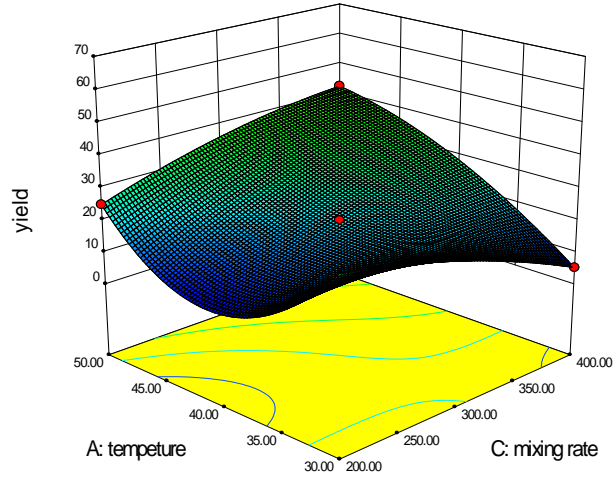
Şekil 4.18. Zeolit Y ile adsorplanan orafti-früktoz çözeltisinin sıcaklık-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren cevap yüzey grafiği

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual
yield
67.56
5.17
X1 = C: mixing rate
X2 = B: time
Actual Factor
A: temperture = 40.00



Şekil 4.19. Zeolit Y ile adsorplanan orafti-früktoz çözeltisinin karıştırma hızı-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren cevap yüzey grafiği

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual
yield
67.56
5.17
X1 = C: mixing rate
X2 = A: temperture
Actual Factor
B: time = 60.00



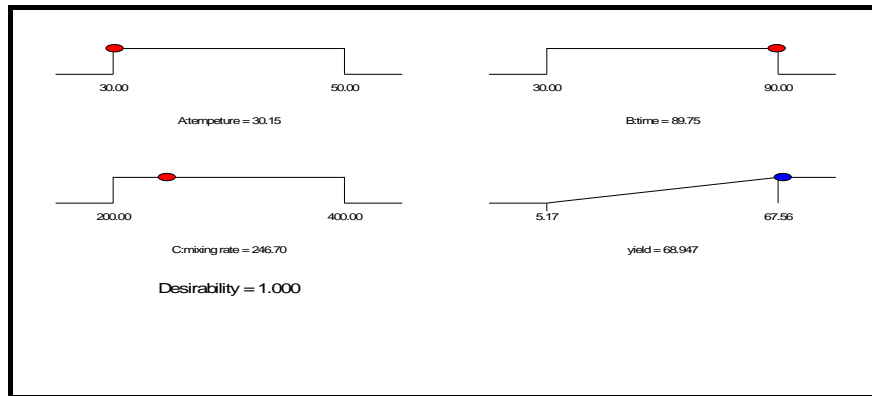
Şekil 4.20. Zeolit Y ile adsorplanan orafti-früktoz çözeltisinin karıştırma hızı-sıcaklık parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren cevap yüzey grafiği

Optimizasyon kriterleri zeolit Y tarafından adsorplanan orafti-früktoz çözeltisi için uygulandığında 31 adet çözüm (çizelge 4.17.) bulunmuştur. Bu çözümler içinde en yüksek verime sahip istenirliği 1 olan 8. çözüm rampa şeklinde 4.21’de verilmiştir.

Çizelge 4.17. Nümerik optimizasyon sonucunda zeolit Y ile adsorplanan orafti-frükoz çözeltisi için bilgisayar programından elde edilen çözümler

Constraints						
Name	Goal	Lower Limit	Upper Limit	Lower Weight	Upper Weight	Importance
A:tempeture	is in range	30	50	1	1	3
B:time	is in range	30	90	1	1	3
C:mixing rate	is in range	200	400	1	1	3
yield	maximize	5.17	67.56	1	1	3

Solutions						
Number	tempeture	time	mixing rate	yield	Desirability	Selected
1	30.06	89.84	289.02	67.6144	1.000	Selected
2	30.26	89.30	204.73	68.1695	1.000	
3	30.00	90.00	300.00	67.56	1.000	
4	30.07	89.06	253.04	67.8807	1.000	
5	30.07	89.70	269.02	68.3956	1.000	
6	30.00	87.95	214.15	67.6253	1.000	
7	30.17	89.78	253.04	68.6083	1.000	
8	30.15	89.75	246.70	68.947	1.000	
9	30.01	89.72	285.59	67.9113	1.000	
10	30.30	89.73	203.31	68.6775	1.000	
11	30.00	90.00	323.88	65.6115	0.969	
12	30.72	90.00	353.01	59.8624	0.877	
13	50.00	90.00	400.00	58.0084	0.815	
14	50.00	90.00	398.48	55.8926	0.813	
15	50.00	90.00	394.91	55.5961	0.808	
16	50.00	90.00	392.31	55.3759	0.805	
17	50.00	90.00	386.72	54.8897	0.797	
18	49.42	90.00	400.00	54.7586	0.795	
19	49.25	90.00	400.00	54.3887	0.789	
20	48.54	90.00	400.00	52.9753	0.766	
21	44.67	30.00	400.00	45.2067	0.642	
22	44.56	30.00	400.00	45.2041	0.642	
23	44.36	30.00	399.78	45.1766	0.641	
24	44.76	30.05	400.00	45.1766	0.641	
25	44.43	30.00	396.47	45.0576	0.639	
26	43.83	30.00	400.00	45.0419	0.639	
27	44.89	30.33	400.00	45.0164	0.639	
28	44.82	30.61	400.00	44.8667	0.636	
29	45.93	30.00	400.00	44.8345	0.636	
30	38.84	30.00	313.37	34.7641	0.474	
31	30.00	30.00	200.07	29.8133	0.395	



Şekil 4.21. Nümerik optimizasyon sonucunda 8. çözümünün rampa grafiği

4.4. Zeolit Y Adsorbenti Tarafından Adsorplanan Orafiti-Sükroz Çözeltileri İçin Cevap Yüzeyi ve Kontur Grafiklerinin Oluşturulması

Tezin 3.2.2. deney dizaynı kısmında belirtilen koşullardaki adsorpsiyon verimleri yazılım programına çizelge 4.18.'de belirtilen haliyle girilmiştir

Çizelge 4.18. Zeolit Y ile adsorplanan orafti-sükroz çözeltisi için adsorpsiyona ilişkin yazılım programına girilen veriler

Std	Run	Factor 1 A:tempeture degree C	Factor 2 B:time minute	Factor 3 C:mixing rate rpm	Response 1 yield per cent
4	1	50.00	90.00	300.00	5.5
1	2	30.00	30.00	300.00	5.5
15	3	40.00	60.00	300.00	20.42
9	4	40.00	30.00	200.00	10.47
12	5	40.00	90.00	400.00	5.5
5	6	30.00	60.00	200.00	5.5
14	7	40.00	60.00	300.00	20.42
7	8	30.00	60.00	400.00	5.5
6	9	50.00	60.00	200.00	5.5
11	10	40.00	30.00	400.00	15.44
8	11	50.00	60.00	400.00	15.44
10	12	40.00	90.00	200.00	5.5
2	13	50.00	30.00	300.00	10.47
3	14	30.00	90.00	300.00	4.45
13	15	40.00	60.00	300.00	20.42

Yazılım programı tarafından “quadretic fonksiyon” önerildiğinden (çizelge 4.19.), “ANOVA” tablosu oluşturularak (çizelge 4.20.), model “significant” olduğundan sadece model içindeki geçersiz terimler (AC, AB) elimine edilmiş ve çizelge 4.21.'de belirtilen fonksiyonun kriterleri karşılayan en iyi fonksiyon olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.19. Zeolit Y ile adsorplanan orafti-sükroz çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “quadretic fonksiyona” ait istatistiksel parametreler

Response	1	yield	Transform:	None	
*** WARNING: The Cubic Model and higher are Aliased! ***					
Summary (detailed tables shown below)					
	Sequential	Lack of Fit	Adjusted	Predicted	
Source	p-value	p-value	R-Squared	R-Squared	
Linear	0.4496		-0.0106	-0.1620	
2FI	0.8745		-0.2803	-0.6317	
<u>Quadratic</u>	<u>0.0005</u>		<u>0.9250</u>	<u>0.5712</u>	
Cubic	< 0.0001		1.0000	Aliased	
Sequential Model Sum of Squares [Type I]					
	Sum of		Mean	F	p-value
Source	Squares	df	Square	Value	Prob > F
Mean vs Total	1623.02	1	1623.02		
Linear vs Mean	114.39	3	38.13	0.95	0.4496
2FI vs Linear	34.72	3	11.57	0.23	0.8745
<u>Quadratic vs 2I</u>	<u>391.49</u>	<u>3</u>	<u>130.50</u>	<u>43.83</u>	<u>0.0005</u>
Cubic vs Quadr	14.89	3	4.96	6.366E+007	< 0.0001
Residual	0.000	2	0.000		Aliased
Total	2178.51	15	145.23		
<i>"Sequential Model Sum of Squares [Type I]": Select the highest order polynomial where the additional terms are significant and the model is not aliased.</i>					
Lack of Fit Tests					
	Sum of		Mean	F	p-value
Source	Squares	df	Square	Value	Prob > F
Linear	441.10	9	49.01		
2FI	406.38	6	67.73		
Quadratic	14.89	3	4.96		
Cubic	0.000	0			
Pure Error	0.000	2	0.000		
<i>"Lack of Fit Tests": Want the selected model to have insignificant lack-of-fit.</i>					
Model Summary Statistics					
	Std.		Adjusted	Predicted	
Source	Dev.	R-Squared	R-Squared	R-Squared	PRESS
Linear	6.33	0.2059	-0.0106	-0.1620	645.49
2FI	7.13	0.2684	-0.2803	-0.6317	906.40
<u>Quadratic</u>	<u>1.73</u>	<u>0.9732</u>	<u>0.9250</u>	<u>0.5712</u>	<u>238.20</u>
Cubic	0.000	1.0000	1.0000		+ Aliased
+ Case(s) with leverage of 1.0000: PRESS statistic not defined					

Çizelge 4.20. Zeolit Y ile adsorplanan orafti-sükroz çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “quadretic fonksiyona” ait “ANOVA” tablosu

Response 1 yield						
ANOVA for Response Surface Quadratic 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	540.60	9	60.07	20.17	0.0020	significant
A-temperature	31.84	1	31.84	10.69	0.0222	
B-time	54.76	1	54.76	18.39	0.0078	
C-mixing rate	27.79	1	27.79	9.33	0.0283	
AB	3.84	1	3.84	1.29	0.3075	
AC	24.70	1	24.70	8.30	0.0346	
BC	6.18	1	6.18	2.07	0.2094	
A ²	212.78	1	212.78	71.46	0.0004	
B ²	148.82	1	148.82	49.98	0.0009	
C ²	86.63	1	86.63	29.09	0.0030	
Residual	14.89	5	2.98			
Lack of Fit	14.89	3	4.96			
Pure Error	0.000	2	0.000			
Cor Total	555.49	14				

Std. Dev.	1.73	R-Squared	0.9732
Mean	10.40	Adj R-Squared	0.9250
C.V. %	16.59	Pred R-Square	0.5712
PRESS	238.20	Adeq Precisor	12.472

Factor	Coefficient		Standard Error	95% CI		VIF
	Estimate	df		Low	High	
Intercept	20.42	1	1.00	17.86	22.98	
A-temperature	1.99	1	0.61	0.43	3.56	1.00
B-time	-2.62	1	0.61	-4.18	-1.05	1.00
C-mixing rate	1.86	1	0.61	0.30	3.43	1.00
AB	-0.98	1	0.86	-3.20	1.24	1.00
AC	2.48	1	0.86	0.27	4.70	1.00
BC	-1.24	1	0.86	-3.46	0.98	1.00
A ²	-7.59	1	0.90	-9.90	-5.28	1.01
B ²	-6.35	1	0.90	-8.66	-4.04	1.01
C ²	-4.84	1	0.90	-7.15	-2.54	1.01

Final Equation in Terms of Coded Factors:		Final Equation in Terms of Actual Factors:	
yield =		yield =	
+20.42		-163.84250	
+1.99 * A		+5.72300 * temperature	
-2.62 * B		+1.01421 * time	
+1.86 * C		+0.23471 * mixing rate	
-0.98 * A * B		-3.26667E-003 * temperature * time	
+2.48 * A * C		+2.48500E-003 * temperature * mixing rate	
-1.24 * B * C		-4.14167E-004 * time * mixing rate	
-7.59 * A ²		-0.075913 * temperature ²	
-6.35 * B ²		-7.05417E-003 * time ²	
-4.84 * C ²		-4.84375E-004 * mixing rate ²	

Çizelge 4.21. Zeolit Y ile adsorplanan orafti-sükroz çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “ indirgenmiş quadretic fonksiyona” ait “ANOVA” tablosu

Response 1 yield						
ANOVA for Response Surface Reduced Quadratic 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	530.58	7	75.80	21.30	0.0003	significant
A-temperature	31.84	1	31.84	8.95	0.0202	
B-time	54.76	1	54.76	15.39	0.0057	
C-mixing rate	27.79	1	27.79	7.81	0.0267	
AC	24.70	1	24.70	6.94	0.0337	
A ²	212.78	1	212.78	59.81	0.0001	
B ²	148.82	1	148.82	41.83	0.0003	
C ²	86.63	1	86.63	24.35	0.0017	
Residual	24.90	7	3.56			
Lack of Fit	24.90	5	4.98			
Pure Error	0.000	2	0.000			
Cor Total	555.49	14				

Std. Dev.	1.89	R-Squared	0.9552
Mean	10.40	Adj R-Squared	0.9103
C.V. %	18.13	Pred R-Square	0.7666
PRESS	129.67	Adeq Precisiör	13.467

Factor	Coefficient		df	Standard Error	95% CI		VIF
	Estimate				Low	High	
Intercept	20.42		1	1.09	17.84	23.00	
A-temperature	1.99		1	0.67	0.42	3.57	1.00
B-time	-2.62		1	0.67	-4.19	-1.04	1.00
C-mixing rate	1.86		1	0.67	0.29	3.44	1.00
AC	2.48		1	0.94	0.25	4.72	1.00
A ²	-7.59		1	0.98	-9.91	-5.27	1.01
B ²	-6.35		1	0.98	-8.67	-4.03	1.01
C ²	-4.84		1	0.98	-7.16	-2.52	1.01

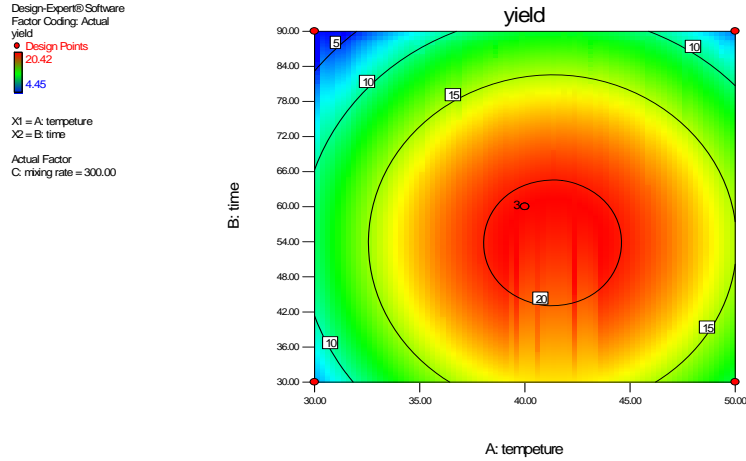
Final Equation in Terms of Coded Factors:		Final Equation in Terms of Actual Factors:	
yield =		yield =	
+20.42		-148.54750	
+1.99 * A		+5.52700 * temperature	
-2.62 * B		+0.75929 * time	
+1.86 * C		+0.20986 * mixing rate	
+2.48 * A * C		+2.48500E-003 * temperature * mixing rate	
-7.59 * A ²		-0.075913 * temperature ²	
-6.35 * B ²		-7.05417E-003 * time ²	
-4.84 * C ²		-4.84375E-004 * mixing rate ²	

Dolayısıyla Zeolit Y tarafından adsorplanan orafti-sükroz çözeltisi için adsorpsiyonu modelleyen fonksiyon;

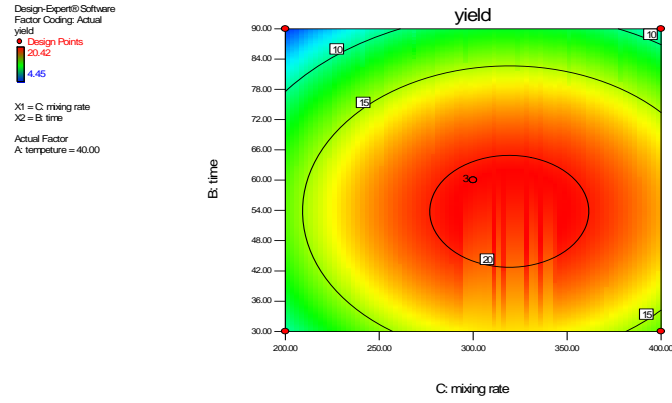
$$y(x) = 20.42 + 1.99X_1 - 2.62X_2 + 1.86X_3 + 2.48X_1X_3 - 7.59X_1^2 - 6.35X_2^2 - 4.84X_3^2 \quad (4.4)$$

burada $y(x)$; adsorpsiyon verimini, X_1 sıcaklığı, X_2 adsorpsiyon süresini, X_3 karıştırma hızını göstermektedir.

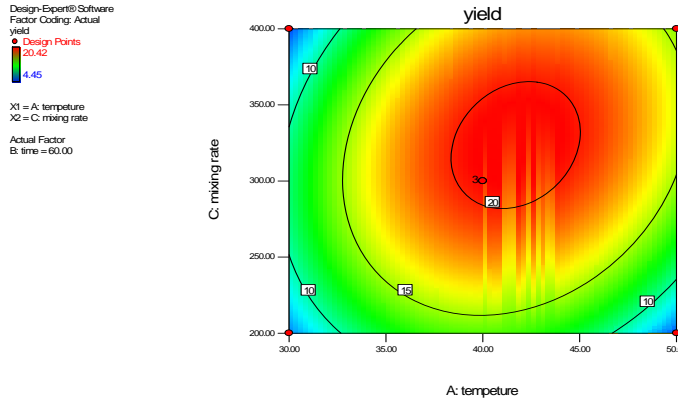
Sistemi modelleyen fonksiyon ve yazılım programı aracılığıyla orafti-sükroz çözeltisi için zeolit Y ile adsorpsiyonuna belirlenen parametrelerin etkisini ifade eden kontur grafikleri ve cevap yüzeyleri elde edilmiştir. Şekil 4.22’de sıcaklık-süre ikilisinin, şekil 4.23’de karıştırma hızı-süre ikilisinin, şekil 4.24’de karıştırma hızı-sıcaklık ikilisinin adsorpsiyon verimine olan etkisine olan kontur grafikleri; şekil 4.25., 4.26. ve 4.27’de ise aynı parametreleri içeren cevap yüzeyleri verilmiştir. Grafiklerden de görüldüğü gibi adsorpsiyon verimi en çok adsorpsiyon süresinden etkilenmektedir. Benzer çıkarımlar çizelge 4.21.’de parametrelerin “F value“ ve “p value” değerleri karşılaştırılarak da yapılabilir.



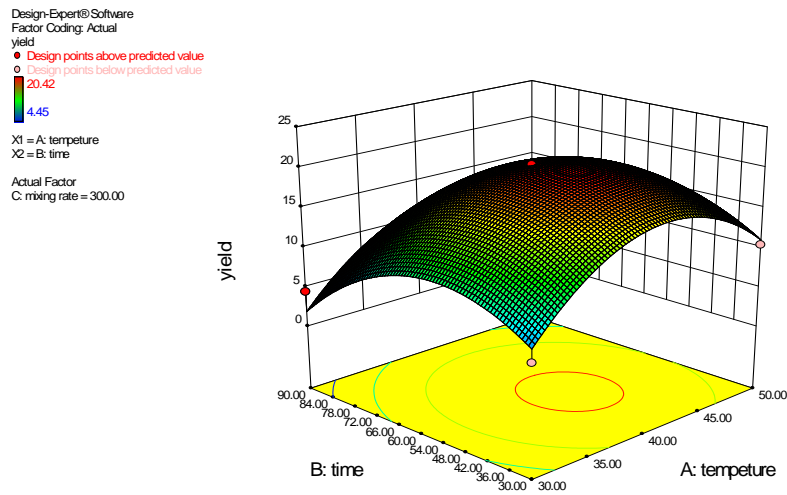
Şekil 4.22. Zeolit Y ile adsorplanan orafti-sükroz çözeltisinin sıcaklık-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği



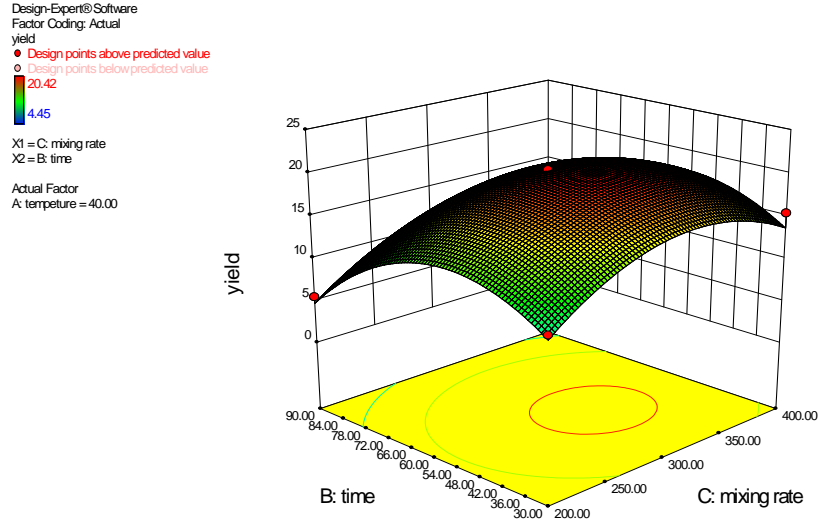
Şekil 4.23. Zeolit Y ile adsorplanan orafiti-sükroz çözeltisinin karıştırma hızı-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği



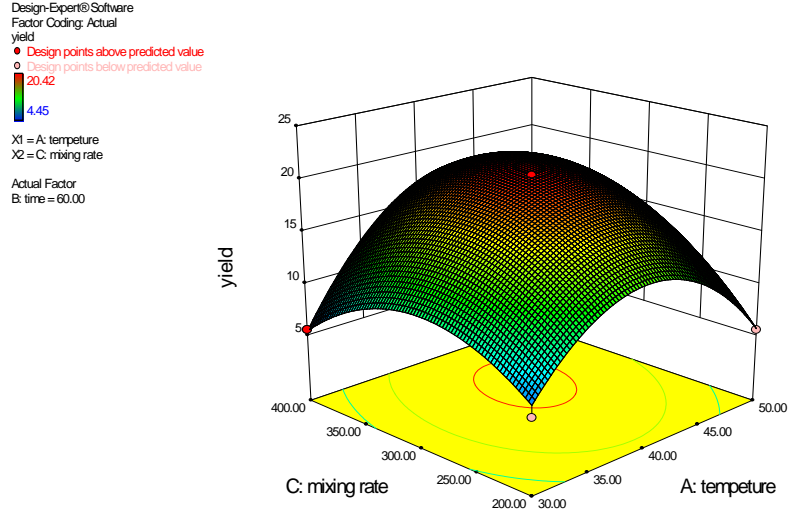
Şekil 4.24. Zeolit Y ile adsorplanan orafiti-sükroz çözeltisinin sıcaklık-karıştırma hızı parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği



Şekil 4.25. Zeolit Y ile adsorplanan orafiti-sükroz çözeltisinin sıcaklık-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren cevap yüzey grafiği



Şekil 4.26. Zeolit Y ile adsorplanan orafti-sükroz çözeltisinin karıştırma hızı-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren cevap yüzey grafiği

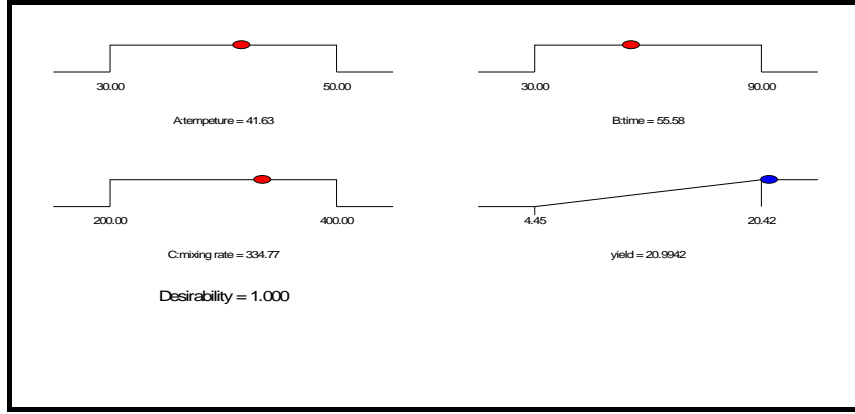


Şekil 4.27. Zeolit Y ile adsorplanan orafti-sükroz çözeltisinin sıcaklık-karıştırma hızı parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren cevap yüzey grafiği

Optimizasyon kriterleri zeolit Y tarafından adsorplanan orafti-sükroz çözeltisi için uygulandığında 43 adet çözüm bulunmuştur (çizelge 4.22.). Bu çözümler içinde en yüksek verime sahip istenirliği 1 olan 36. çözüm rampa şeklinde 4.28’de verilmiştir.

Çizelge 4.22. Nümerik optimizasyon sonucunda zeolit Y ile adsorplanan orafti-sükroz çözeltisi için bilgisayar programından elde edilen çözümler

Constraints						
Name	Goal	Lower Limit	Upper Limit	Lower Weight	Upper Weight	Importance
A:tempeture	is in range	30	50	1	1	3
B:time	is in range	30	90	1	1	3
C:mixing rate	is in range	200	400	1	1	3
yield	maximize	4.45	20.42	1	1	3
Solutions						
Number	tempeture	time	mixing rate	yield	Desirability	Selected
1	<u>41.83</u>	<u>49.91</u>	<u>352.76</u>	<u>20.5676</u>	<u>1.000</u>	<u>Selected</u>
2	40.00	60.00	300.00	20.42	1.000	
3	40.83	53.67	307.65	20.9326	1.000	
4	44.36	49.74	323.28	20.4231	1.000	
5	39.82	57.63	335.74	20.5814	1.000	
6	41.60	46.06	326.27	20.6495	1.000	
7	40.62	51.07	316.12	20.9303	1.000	
8	42.79	54.07	337.53	20.9322	1.000	
9	42.06	59.22	324.34	20.8633	1.000	
10	41.09	51.53	320.82	21.0147	1.000	
11	40.36	54.95	303.12	20.7989	1.000	
12	41.84	49.14	308.00	20.7996	1.000	
13	39.94	48.16	333.53	20.5256	1.000	
14	41.96	60.89	341.80	20.5728	1.000	
15	40.88	54.07	302.47	20.8547	1.000	
16	40.28	51.90	321.45	20.9056	1.000	
17	39.72	51.44	319.76	20.7524	1.000	
18	39.92	50.09	302.00	20.6088	1.000	
19	42.90	52.96	345.80	20.7921	1.000	
20	42.61	56.06	328.16	20.9814	1.000	
21	40.30	48.62	304.05	20.6228	1.000	
22	42.40	46.61	308.88	20.545	1.000	
23	41.23	50.17	308.88	20.8807	1.000	
24	41.69	52.42	291.86	20.578	1.000	
25	41.70	48.45	333.83	20.8253	1.000	
26	41.22	52.30	296.21	20.7145	1.000	
27	42.89	59.63	342.92	20.6094	1.000	
28	39.94	55.67	295.99	20.5721	1.000	
29	41.03	49.51	343.41	20.691	1.000	
30	41.05	49.95	304.66	20.7979	1.000	
31	41.07	55.78	334.63	20.946	1.000	
32	41.77	50.21	321.39	20.9841	1.000	
33	40.59	48.02	340.32	20.5667	1.000	
34	42.65	51.28	358.01	20.4726	1.000	
35	40.96	58.51	337.31	20.7654	1.000	
36	41.63	55.58	334.77	20.9942	1.000	
37	41.28	47.03	340.33	20.5877	1.000	
38	40.30	61.40	311.38	20.4949	1.000	
39	42.77	54.91	358.21	20.4952	1.000	
40	42.37	59.98	298.14	20.4217	1.000	
41	43.53	48.33	320.31	20.5927	1.000	
42	43.44	51.33	347.26	20.6373	1.000	
43	40.11	54.01	312.21	20.869	1.000	
33 Solutions found						



Şekil 4.28. Nümerik optimizasyon sonucunda 36. çözümünün rampa grafiği

4.5. Klinoptilolit Adsorbenti Tarafından Adsorplanan Orafti Çözeltisi İçin Cevap Yüzeyi ve Kontur Grafiklerinin Oluşturulması

Tezin 3.2.2. deney dizaynı kısmında belirtilen koşullardaki adsorpsiyon verimleri yazılım programına çizelge 4.23.'de belirtilen haliyle girilmiştir.

Çizelge 4.23. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti çözeltisi için adsorpsiyon ilişkin yazılım programına girilen veriler

Std	Run	Factor 1 A:tempeture degree C	Factor 2 B:time minute	Factor 3 C:mixing rate rpm	Response 1 yield per cent
15	1	40.00	60.00	300.00	5
11	2	40.00	30.00	400.00	10
4	3	50.00	90.00	300.00	30
13	4	40.00	60.00	300.00	5
9	5	40.00	30.00	200.00	10
6	6	50.00	60.00	200.00	40
14	7	40.00	60.00	300.00	4.8
5	8	30.00	60.00	200.00	25
7	9	30.00	60.00	400.00	5
10	10	40.00	90.00	200.00	25
8	11	50.00	60.00	400.00	20
12	12	40.00	90.00	400.00	20
1	13	30.00	30.00	300.00	10
2	14	50.00	30.00	300.00	15
3	15	30.00	90.00	300.00	20

Yazılım programı tarafından “lineer” ve “quadretic fonksiyon” önerildiğinden (çizelge 4.24.), “ANOVA” tablosu oluşturularak (çizelge 4.25.), model “not significant” olduğundan kriterleri karşılayacak en iyi fonksiyonun belirlenmesi için “cubic fonksiyon” (çizelge 4.26.) önerilmiştir.

Çizelge 4.24. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “lineer fonksiyona“ ait istatistiksel parametreler

Response	1	yield	Transform:	None		
*** WARNING: The Cubic Model and higher are Aliased! ***						
Summary (detailed tables shown below)						
	Sequential	Lack of Fit	Adjusted	Predicted		
Source	p-value	p-value	R-Squared	R-Squared		
Linear	<u>0.0388</u>	<u>0.0002</u>	<u>0.3877</u>	<u>0.2146</u>	Suggested	
2FI	0.9865	0.0001	0.1719	-0.4901		
Quadratic	<u>0.0538</u>	<u>0.0002</u>	<u>0.6783</u>	<u>-0.8379</u>	Suggested	
Cubic	0.0002		0.9999		Aliased	
Sequential Model Sum of Squares [Type I]						
	Sum of		Mean	F	p-value	
Source	Squares	df	Square	Value	Prob > F	
Mean vs Total	3995.14	1	3995.14			
Linear vs Mean	<u>818.75</u>	<u>3</u>	<u>272.92</u>	<u>3.95</u>	<u>0.0388</u>	Suggested
2FI vs Linear	12.50	3	4.17	0.045	0.9865	
Quadratic vs 2I	<u>565.38</u>	<u>3</u>	<u>188.46</u>	<u>5.20</u>	<u>0.0538</u>	Suggested
Cubic vs Quad	181.25	3	60.42	4531.25	0.0002	Aliased
Residual	0.027	2	0.013			
Total	5573.04	15	371.54			
Lack of Fit Tests						
	Sum of		Mean	F	p-value	
Source	Squares	df	Square	Value	Prob > F	
Linear	<u>759.13</u>	<u>9</u>	<u>84.35</u>	<u>6326.06</u>	<u>0.0002</u>	Suggested
2FI	746.63	6	124.44	9332.84	0.0001	
Quadratic	<u>181.25</u>	<u>3</u>	<u>60.42</u>	<u>4531.25</u>	<u>0.0002</u>	Suggested
Cubic	0.000	0				Aliased
Pure Error	0.027	2	0.013			
<i>"Lack of Fit Tests": Want the selected model to have insignificant lack-of-fit.</i>						
Model Summary Statistics						
	Std.		Adjusted	Predicted		
Source	Dev.	R-Squared	R-Squared	R-Squared	PRESS	
Linear	<u>8.31</u>	<u>0.5189</u>	<u>0.3877</u>	<u>0.2146</u>	<u>1239.28</u>	Suggested
2FI	9.66	0.5268	0.1719	-0.4901	2351.24	
Quadratic	<u>6.02</u>	<u>0.8851</u>	<u>0.6783</u>	<u>-0.8379</u>	<u>2900.06</u>	Suggested
Cubic	0.12	1.0000	0.9999		+	Aliased
+ Case(s) with leverage of 1.0000: PRESS statistic not defined						

Çizelge. 4.25. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “quadretic fonksiyona“ ait ANOVA tablosu

Response 1 yield						
ANOVA for Response Surface Quadratic 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	1396.63	9	155.18	4.28	0.0619	not significant
A-temperature	253.13	1	253.13	6.98	0.0458	
B-time	312.50	1	312.50	8.62	0.0324	
C-mixing rate	253.13	1	253.13	6.98	0.0458	
AB	6.25	1	6.25	0.17	0.6952	
AC	0.000	1	0.000	0.000	1.0000	
BC	6.25	1	6.25	0.17	0.6952	
A ²	371.70	1	371.70	10.25	0.0239	
B ²	52.85	1	52.85	1.46	0.2813	
C ²	209.54	1	209.54	5.78	0.0613	
Residual	181.28	5	36.26			
Lack of Fit	181.25	3	60.42	4531.25	0.0002	significant
Pure Error	0.027	2	0.013			
Cor Total	1577.90	14				
Std. Dev.	6.02		R-Squared	0.8851		
Mean	16.32		Adj R-Squared	0.6783		
C.V. %	36.89		Pred R-Square	-0.8379		
PRESS	2900.06		Adeq Precisor	5.861		
Factor	Coefficient Estimate	df	Standard Error	95% CI Low	95% CI High	VIF
Intercept	4.93	1	3.48	-4.00	13.87	
A-temperature	5.63	1	2.13	0.15	11.10	1.00
B-time	6.25	1	2.13	0.78	11.72	1.00
C-mixing rate	-5.63	1	2.13	-11.10	-0.15	1.00
AB	1.25	1	3.01	-6.49	8.99	1.00
AC	0.000	1	3.01	-7.74	7.74	1.00
BC	-1.25	1	3.01	-8.99	6.49	1.00
A ²	10.03	1	3.13	1.98	18.09	1.01
B ²	3.78	1	3.13	-4.27	11.84	1.01
C ²	7.53	1	3.13	-0.52	15.59	1.01
Final Equation in Terms of Coded Factors:				Final Equation in Terms of Actual Factors:		
yield =				yield =		
+4.93				+232.77500		
+5.63 * A				-7.71417 * temperature		
+6.25 * B				-0.33778 * time		
-5.63 * C				-0.48325 * mixing rate		
+1.25 * A * B				+4.16667E-003 * temperature * time		
+0.000 * A * C				-1.02141E-017 * temperature * mixing rate		
-1.25 * B * C				-4.16667E-004 * time * mixing rate		
+10.03 * A ²				+0.10033 * temperature ²		
+3.78 * B ²				+4.20370E-003 * time ²		
+7.53 * C ²				+7.53333E-004 * mixing rate ²		

Çizelge. 4.26. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “cubic fonksiyona” ait ANOVA tablosu

Response 1 yield						
ANOVA for Response Surface Cubic Model (Aliased)						
Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]						
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	1577.88	12	131.49	9861.73	0.0001	significant
A-temperature	225.00	1	225.00	16875.00	< 0.0001	
B-time	156.25	1	156.25	11718.75	< 0.0001	
C-mixing rate	6.25	1	6.25	468.75	0.0021	
AB	6.25	1	6.25	468.75	0.0021	
AC	0.000	1	0.000	0.000	1.0000	
BC	6.25	1	6.25	468.75	0.0021	
A ²	371.70	1	371.70	27877.23	< 0.0001	
B ²	52.85	1	52.85	3963.77	0.0003	
C ²	209.54	1	209.54	15715.69	< 0.0001	
ABC	0.000	0				
A ² B	0.000	1	0.000	0.000	1.0000	
A ² C	153.13	1	153.13	11484.38	< 0.0001	
AB ²	28.13	1	28.13	2109.38	0.0005	
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	0.027	2	0.013			
Cor Total	1577.90	14				

Std. Dev.	0.12	R-Squared	1.0000
Mean	16.32	Adj R-Squared	0.9999
C.V. %	0.71	Pred R-Square	N/A
PRESS	N/A	Adeq Precisor	326.211

Case(s) with leverage of 1.0000: Pred R-Squared and PRESS statistic not defined

Factor	Coefficient Estimate	df	Standard Error	95% CI Low	95% CI High	VIF
Intercept	4.93	1	0.067	4.65	5.22	
A-temperature	7.50	1	0.058	7.25	7.75	2.00
B-time	6.25	1	0.058	6.00	6.50	2.00
C-mixing rate	-1.25	1	0.058	-1.50	-1.00	2.00
AB	1.25	1	0.058	1.00	1.50	1.00
AC	0.000	1	0.058	-0.25	0.25	1.00
BC	-1.25	1	0.058	-1.50	-1.00	1.00
A ²	10.03	1	0.060	9.77	10.29	1.01
B ²	3.78	1	0.060	3.52	4.04	1.01
C ²	7.53	1	0.060	7.27	7.79	1.01
ABC ALIASED Intercept						
A ² B	0.000	1	0.082	-0.35	0.35	2.00
A ² C	-8.75	1	0.082	-9.10	-8.40	2.00
AB ²	-3.75	1	0.082	-4.10	-3.40	2.00
AC ² ALIASED A, AB ²						
B ² C ALIASED C, A ² C						
BC ² ALIASED B, A ² B						
A ³ ALIASED A						
B ³ ALIASED B						
C ³ ALIASED C						

Final Equation in Terms of Coded Factors:

$$\text{yield} = +4.93 + 7.50 * A + 6.25 * B - 1.25 * C + 1.25 * A * B + 0.000 * A * C - 1.25 * B * C + 10.03 * A^2 + 3.78 * B^2 + 7.53 * C^2 + 0.000 * A^2 * B - 8.75 * A^2 * C - 3.75 * A * B^2$$

Çizelge 4.26'dan da görüldüğü gibi model “significant” olduğu halde “alias” içeren terimler bulunmaktadır. Bu terimler çıkarılarak denediğinde (AC)’nin çıkarılması hiyerarşiyi bozduğundan çizelge 4.27.’de verilen “indirgenmiş cubic modeli” en iyi fonksiyon olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.27. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “indirgenmiş cubic modeline” ait istatistiksel parametreler

Response 1 yield						
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	1577.88	12	131.49	9861.73	0.0001	significant
A-temperature	225.00	1	225.00	16875.00	< 0.0001	
B-time	156.25	1	156.25	11718.75	< 0.0001	
C-mixing rate	6.25	1	6.25	468.75	0.0021	
AB	6.25	1	6.25	468.75	0.0021	
AC	0.000	1	0.000	0.000	1.0000	
BC	6.25	1	6.25	468.75	0.0021	
A ²	371.70	1	371.70	27877.23	< 0.0001	
B ²	52.85	1	52.85	3963.77	0.0003	
C ²	209.54	1	209.54	15715.69	< 0.0001	
A ² B	0.000	1	0.000	0.000	1.0000	
A ² C	153.13	1	153.13	11484.38	< 0.0001	
AB ²	28.13	1	28.13	2109.38	0.0005	
Pure Error	0.027	2	0.013			
Cor Total	1577.90	14				

Std. Dev.	0.12	R-Squared	1.0000
Mean	16.32	Adj R-Squared	0.9999
C.V. %	0.71	Pred R-Square	N/A
PRESS	N/A	Adeq Precisor	326.211

Case(s) with leverage of 1.0000: Pred R-Squared and PRESS statistic not defined

Factor	Coefficient Estimate	df	Standard Error	95% CI Low	95% CI High	VIF
Intercept	4.93	1	0.067	4.65	5.22	
A-temperature	7.50	1	0.058	7.25	7.75	2.00
B-time	6.25	1	0.058	6.00	6.50	2.00
C-mixing rate	-1.25	1	0.058	-1.50	-1.00	2.00
AB	1.25	1	0.058	1.00	1.50	1.00
AC	0.000	1	0.058	-0.25	0.25	1.00
BC	-1.25	1	0.058	-1.50	-1.00	1.00
A ²	10.03	1	0.060	9.77	10.29	1.01
B ²	3.78	1	0.060	3.52	4.04	1.01
C ²	7.53	1	0.060	7.27	7.79	1.01
A ² B	0.000	1	0.062	-0.35	0.35	2.00
A ² C	-8.75	1	0.062	-9.10	-8.40	2.00
AB ²	-3.75	1	0.062	-4.10	-3.40	2.00

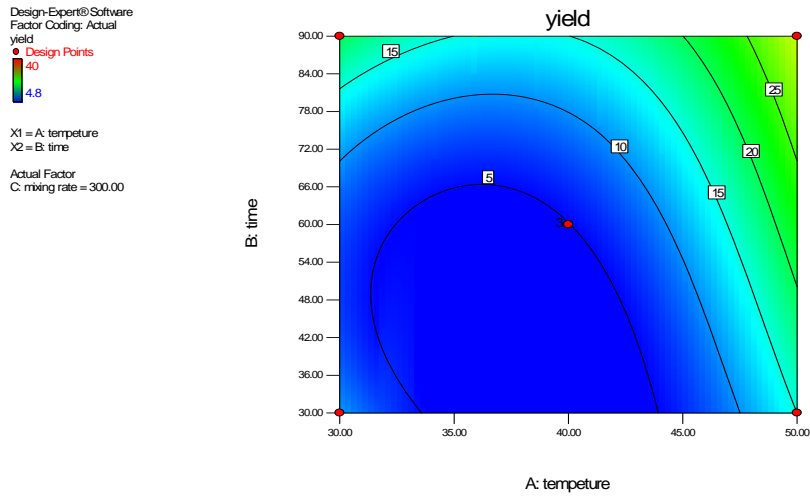
Final Equation in Terms of Coded Factors:		Final Equation in Terms of Actual Factors:	
yield =		yield =	
+4.93		+692.15000	
+7.50 * A		-30.02667 * temperature	
+6.25 * B		-2.33778 * time	
-1.25 * C		-1.83950 * mixing rate	
+1.25 * A * B		+0.054167 * temperature * time	
+0.000 * A * C		+0.070000 * temperature * mixing rate	
-1.25 * B * C		-4.16667E-004 * time * mixing rate	
+10.03 * A ²		+0.36283 * temperature ²	
+3.78 * B ²		+0.020870 * time ²	
+7.53 * C ²		+7.53333E-004 * mixing rate ²	
+0.000 * A ² * B		-8.79252E-018 * temperature ² * time	
-8.75 * A ² * C		-8.75000E-004 * temperature ² * mixing rate	
-3.75 * A * B ²		-4.16667E-004 * temperature * time ²	

Dolayısıyla klinoptilolit tarafından adsorplanan orafti çözeltisi için adsorpsiyonu modelleyen fonksiyon;

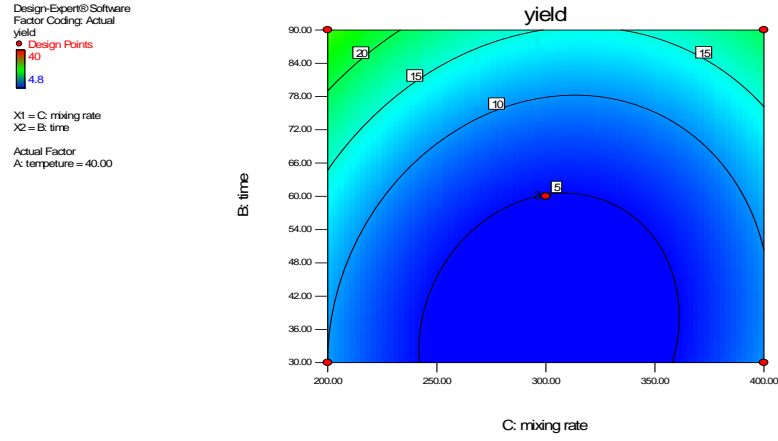
$$y(x) = 4.93 + 7.50X_1 + 6.25X_2 - 1.25X_3 + 1.25X_1X_2 - 1.25X_2X_3 + 10.03X_1^2 + 3.78X_2^2 + 7.53X_3^2 - 8.75X_1^2X_3 - 3.75X_1X_2^2 \quad (4.5)$$

burada $y(x)$; adsorpsiyon verimini, X_1 sıcaklığı, X_2 adsorpsiyon süresini, X_3 karıştırma hızını göstermektedir.

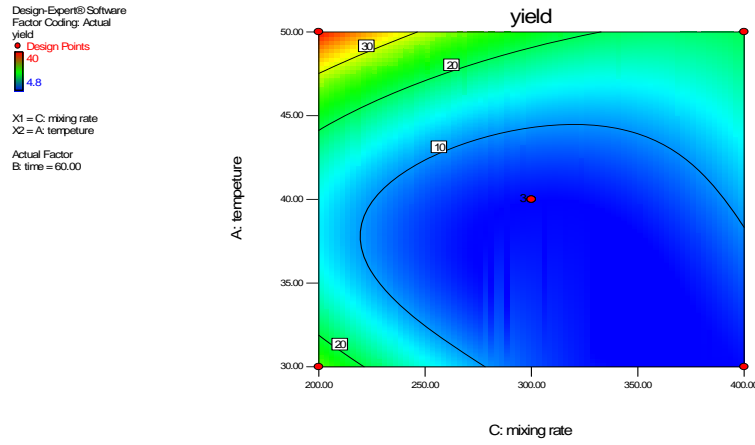
Sistemi modelleyen fonksiyon ve yazılım programı aracılığıyla orafti çözeltisi için kilinoptilolit ile adsorpsiyonuna belirlenen parametrelerin etkisini ifade eden kontur grafikleri ve cevap yüzeyleri elde edilmiştir. Şekil 4.29'da sıcaklık-süre ikilisinin, şekil 4.30'da karıştırma hızı-süre ikilisinin, şekil 4.31'de karıştırma hızı-sıcaklık ikilisinin adsorpsiyon verimine olan etkisine olan kontur grafikleri; şekil 4.32., 4.33., ve 4.34'de ise aynı parametreleri içeren cevap yüzeyleri verilmiştir. Grafiklerden de görüldüğü gibi adsorpsiyon verimi en çok adsorpsiyon sıcaklığı ve adsorpsiyon süresinden etkilenmektedir. Benzer çıkarımlar çizelge 4.30.'da parametrelerin "F value" ve "p value" değerleri karşılaştırılarak da yapılabilir.



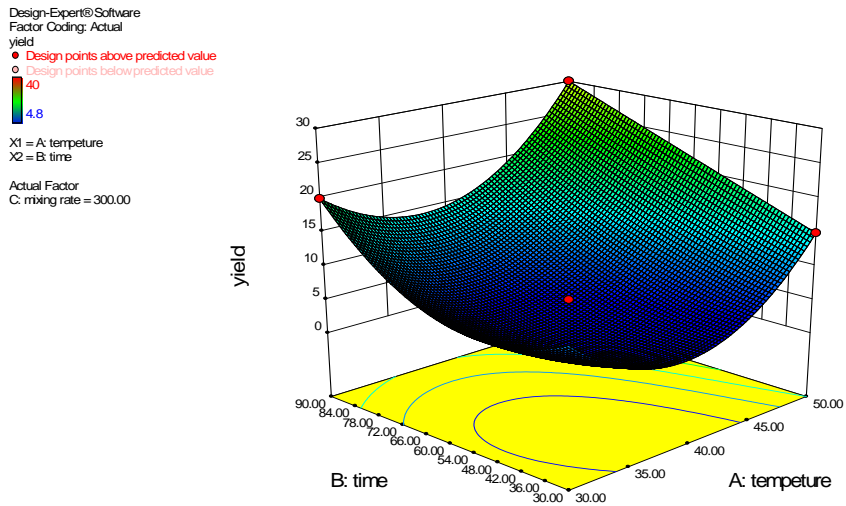
Şekil 4. 29. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti çözeltisinin sıcaklık-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği



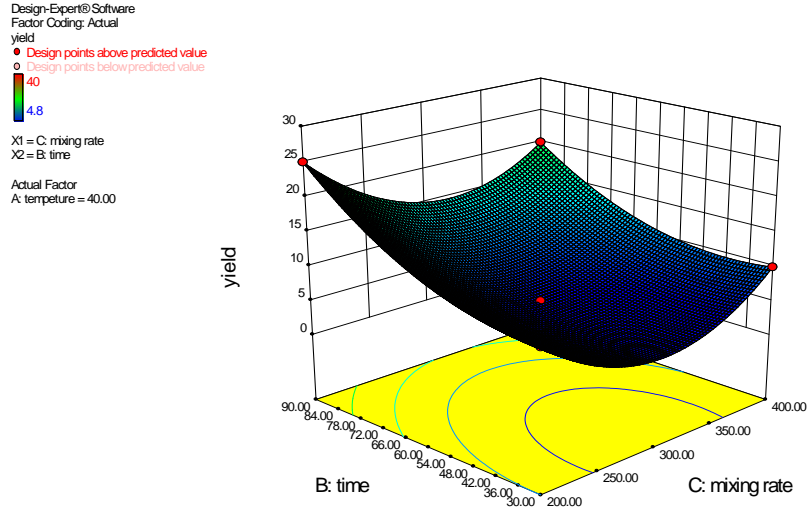
Şekil 4.30. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti çözeltisinin karıştırma hızı-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği



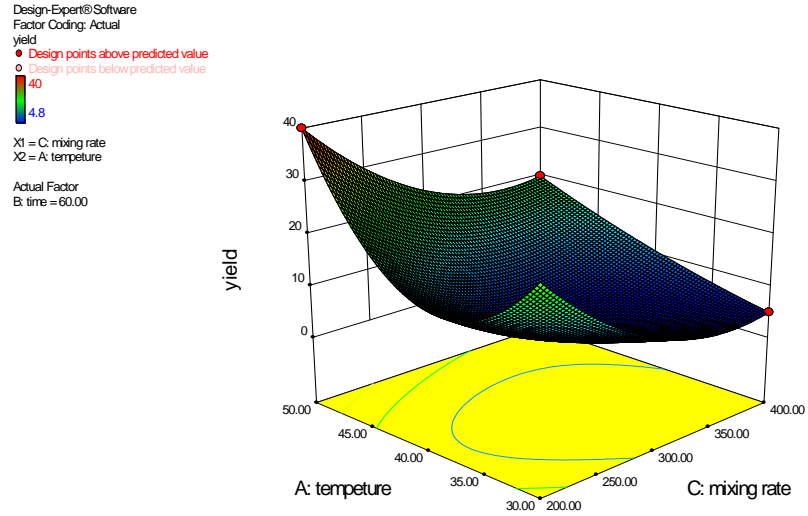
Şekil 4.31. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti çözeltisinin karıştırma hızı-sıcaklık parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği



Şekil 4.32. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti çözeltisinin sıcaklık-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren cevap yüzey grafiği



Şekil 4.33. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti çözeltisinin karıştırma hızı-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren cevap yüzey grafiği

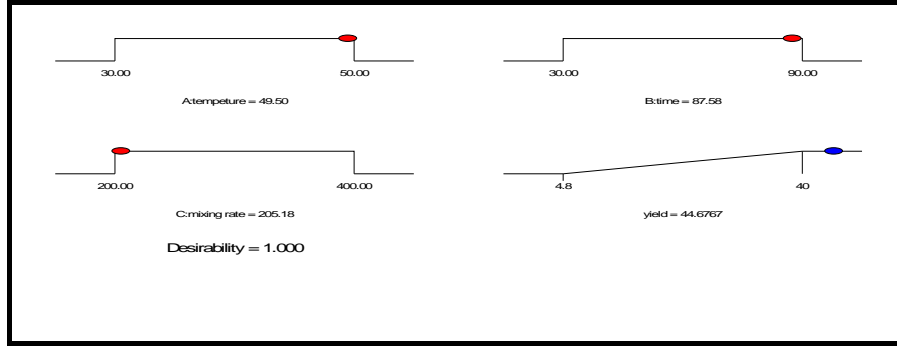


Şekil 4.34. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti çözeltisinin karıştırma hızı-sıcaklık parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren cevap yüzey grafiği

Optimizasyon kriterleri klinoptilolit tarafından adsorplanan orafti çözeltisi için uygulandığında 42 adet çözüm bulunmuştur (çizelge 4.28.). Bu çözümler içinde en yüksek verime sahip istenirliği 1 olan 16. çözüm rampa şeklinde 4.35’de verilmiştir.

Çizelge 4.28. Nümerik optimizasyon sonucunda klinoptilolit ile adsorplanan orafti çözeltisi için bilgisayar programından elde edilen çözümler

Constraints						
Name	Goal	Lower Limit	Upper Limit	Lower Weight	Upper Weight	Importance
A:tempeture	is in range	30	50	1	1	3
B:time	is in range	30	90	1	1	3
C:mixing rate	is in range	200	400	1	1	3
yield	maximize	4.8	40	1	1	3
Solutions						
Number	tempeture	time	mixing rate	yield	Desirability	
1	<u>49.72</u>	<u>72.93</u>	<u>207.52</u>	<u>40.6756</u>	<u>1.000</u>	<u>Selected</u>
2	49.99	61.46	200.34	40.2998	1.000	
3	49.52	84.35	220.74	40.1661	1.000	
4	50.00	60.00	200.00	40	1.000	
5	47.89	89.32	201.75	40.0133	1.000	
6	49.33	80.95	203.30	42.467	1.000	
7	49.81	72.79	211.66	40.0661	1.000	
8	49.87	81.35	221.14	40.5895	1.000	
9	49.99	66.71	200.66	41.7619	1.000	
10	47.81	89.96	200.58	40.1999	1.000	
11	49.87	89.64	222.00	42.7632	1.000	
12	49.79	63.98	200.51	40.1119	1.000	
13	48.80	80.37	201.38	40.5995	1.000	
14	49.99	62.48	200.57	40.5529	1.000	
15	49.82	67.06	200.58	41.0964	1.000	
16	49.50	87.58	205.18	44.6767	1.000	
17	49.69	72.50	202.20	41.7313	1.000	
18	49.91	68.46	200.32	41.9966	1.000	
19	48.64	88.68	203.84	42.0006	1.000	
20	49.84	89.12	232.68	40.156	1.000	
21	49.99	75.54	204.98	43.2572	1.000	
22	49.87	62.93	200.68	40.0961	1.000	
23	30.11	90.00	200.00	38.4246	0.955	
24	30.00	88.94	200.00	38.0382	0.944	
25	30.37	90.00	200.00	37.6135	0.932	
26	30.00	90.00	207.97	36.7327	0.907	
27	50.00	33.69	200.00	32.3517	0.783	
28	43.22	90.00	200.00	28.5577	0.675	
29	42.81	90.00	200.00	27.8924	0.656	
30	49.99	89.95	400.00	26.2662	0.610	
31	49.90	90.00	400.00	26.2059	0.608	
32	30.05	30.00	200.00	26.0934	0.605	
33	50.00	88.99	399.98	26.0694	0.604	
34	50.00	90.00	392.78	26.047	0.604	
35	50.00	90.00	357.29	26.0274	0.603	
36	50.00	90.00	388.56	25.9452	0.601	
37	50.00	89.51	387.86	25.8245	0.597	
38	50.00	90.00	376.79	25.8033	0.597	
39	30.36	30.00	200.00	25.0534	0.575	
39	30.36	30.00	200.00	25.0534	0.575	
40	50.00	30.00	244.67	22.1473	0.493	
41	50.00	63.20	400.00	20.6662	0.451	
42	38.19	30.00	400.00	9.59008	0.136	
42 Solutions found						



Şekil 4.35. Nümerik optimizasyon sonucunda 16. çözümünün rampa grafiği

4.6. Klinoptilolit Adsorbenti Tarafından Adsorplanan Orafti – Glikoz Çözeltisi İçin Cevap Yüzeyi ve Kontur Grafiklerinin Oluşturulması

Tezin 3.2.2. deney dizaynı kısmında belirtilen koşullardaki adsorpsiyon verimleri yazılım programına çizelge 4.29’da belirtilen haliyle girilmiştir.

Çizelge 4.29. Klinoptilolit tarafından adsorplanan orafti–glikoz çözeltisi için adsorpsiyona ilişkin yazılım programına girilen veriler

Std	Run	Factor 1 A:temperture degree C	Factor 2 B:time minute	Factor 3 C:mixing rate rpm	Response 1 yield per cent
15	1	40.00	60.00	300.00	12.96
6	2	50.00	60.00	200.00	20.42
11	3	40.00	30.00	400.00	10.47
3	4	30.00	90.00	300.00	20.42
13	5	40.00	60.00	300.00	12.47
12	6	40.00	90.00	400.00	35.5
9	7	40.00	30.00	200.00	15.5
5	8	30.00	60.00	200.00	10.47
1	9	30.00	30.00	300.00	5.5
7	10	30.00	60.00	400.00	17.5
14	11	40.00	60.00	300.00	12.87
8	12	50.00	60.00	400.00	45.5
4	13	50.00	90.00	300.00	30.47
10	14	40.00	90.00	200.00	25.44
2	15	50.00	30.00	300.00	8.5

Yazılım programı tarafından “lineer fonksiyon” önerildiğinden (çizelge 4.30.), “ANOVA tablosu” oluşturulduğunda (çizelge 4.31.), model “significant” ancak “lack of fit“ de “significant” olduğundan kriterleri karşılayacak en iyi fonksiyonun belirlenmesi için “quadratic fonksiyon” (çizelge 4.32.) önerilmiştir.

Çizelge 4.30.Klinoptilolit tarafından adsorplanan orafti-glikoz çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “lineer fonksiyona” ait istatistiksel parametreler

Response	1	yield	Transform:	None	
*** WARNING: The Cubic Model and higher are Aliased! ***					
Summary (detailed tables shown below)					
	Sequential	Lack of Fit	Adjusted	Predicted	
Source	p-value	p-value	R-Squared	R-Squared	
Linear	0.0059	0.0011	0.5727	0.3470	
2FI	0.4645	0.0010	0.5658	-0.0439	
Quadratic	0.1716	0.0012	0.7238	-0.5775	
Cubic	0.0012		0.9994		
				Aliased	
Sequential Model Sum of Squares [Type I]					
	Sum of		Mean	F	p-value
Source	Squares	df	Square	Value	Prob > F
Mean vs Total	5376.69	1	5376.69		
Linear vs Mean	1143.03	3	381.01	7.25	0.0059
2FI vs Linear	150.80	3	50.27	0.94	0.4645
Quadratic vs 2I	257.12	3	85.71	2.52	0.1716
Cubic vs Quad	169.63	3	56.54	831.10	0.0012
Residual	0.14	2	0.068		
Total	7097.41	15	473.16		
"Sequential Model Sum of Squares [Type I]". Select the highest order polynomial where the additional terms are significant and the model is not aliased.					
Lack of Fit Tests					
	Sum of		Mean	F	p-value
Source	Squares	df	Square	Value	Prob > F
Linear	577.55	9	64.17	943.25	0.0011
2FI	426.75	6	71.13	1045.45	0.0010
Quadratic	169.63	3	56.54	831.10	0.0012
Cubic	0.000	0			
Pure Error	0.14	2	0.068		
					Aliased
Model Summary Statistics					
	Std.		Adjusted	Predicted	
Source	Dev.	R-Squared	R-Squared	R-Squared	PRESS
Linear	7.25	0.6643	0.5727	0.3470	1123.71
2FI	7.30	0.7519	0.5658	-0.0439	1796.32
Quadratic	5.83	0.9013	0.7238	-0.5775	2714.35
Cubic	0.26	0.9999	0.9994		
					+ Aliased
+ Case(s) with leverage of 1.0000: PRESS statistic not defined					

Çizelge 4.31. Klinoptilolit tarafından adsorplanan orafti-glikoz çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “lineer fonksiyona” ait “ANOVA” tablosu

Response 1 yield						
ANOVA for Response Surface Linear 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	1143.03	3	381.01	7.25	0.0059	significant
A-temperature	325.13	1	325.13	6.19	0.0301	
B-time	645.48	1	645.48	12.29	0.0049	
C-mixing rate	172.42	1	172.42	3.28	0.0974	
Residual	577.69	11	52.52			
Lack of Fit	577.55	9	64.17	943.25	0.0011	significant
Pure Error	0.14	2	0.068			
Cor Total	1720.72	14				
Std. Dev.	7.25		R-Squared	0.6643		
Mean	18.93		Adj R-Squared	0.5727		
C.V. %	38.28		Pred R-Square	0.3470		
PRESS	1123.71		Adeq Precisor	8.208		
Factor	Coefficient Estimate	df	Standard Error	95% CI Low	95% CI High	VIF
Intercept	18.93	1	1.87	14.81	23.05	
A-temperature	6.37	1	2.56	0.74	12.01	1.00
B-time	8.98	1	2.56	3.34	14.62	1.00
C-mixing rate	4.64	1	2.56	-1.00	10.28	1.00
Final Equation in Terms of Coded Factors:						
$\text{yield} = +18.93 + 6.37 * A + 8.98 * B + 4.64 * C$						
Final Equation in Terms of Actual Factors:						
$\text{yield} = -38.45983 + 0.63750 * \text{temperature} + 0.29942 * \text{time} + 0.046425 * \text{mixing rate}$						

Çizelge 4.32. Klinoptilolit tarafından adsorplanan orafti-glikoz çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “quadratic fonksiyona” ait “ANOVA” tablosu

Response 1 yield						
ANOVA for Response Surface Quadratic 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	1550.96	9	172.33	5.08	0.0442	significant
A-temperature	325.13	1	325.13	9.58	0.0270	
B-time	645.48	1	645.48	19.01	0.0073	
C-mixing rate	172.42	1	172.42	5.08	0.0740	
AB	12.43	1	12.43	0.37	0.5716	
AC	81.45	1	81.45	2.40	0.1821	
BC	56.93	1	56.93	1.68	0.2519	
A ²	24.97	1	24.97	0.74	0.4303	
B ²	2.70	1	2.70	0.080	0.7892	
C ²	242.58	1	242.58	7.14	0.0442	
Residual	169.76	5	33.95			
Lack of Fit	169.63	3	56.54	831.10	0.0012	significant
Pure Error	0.14	2	0.068			
Cor Total	1720.72	14				

Std. Dev.	5.83	R-Squared	0.9013
Mean	18.93	Adj R-Squared	0.7238
C.V. %	30.78	Pred R-Square	-0.5775
PRESS	2714.35	Adeq Precisor	7.671

Factor	Coefficient		Standard Error	95% CI		VIF
	Estimate	df		Low	High	
Intercept	12.77	1	3.36	4.12	21.41	
A-temperature	6.37	1	2.06	1.08	11.67	1.00
B-time	8.98	1	2.06	3.69	14.28	1.00
C-mixing rate	4.64	1	2.06	-0.65	9.94	1.00
AB	1.76	1	2.91	-5.73	9.25	1.00
AC	4.51	1	2.91	-2.98	12.00	1.00
BC	3.77	1	2.91	-3.72	11.26	1.00
A ²	2.60	1	3.03	-5.19	10.40	1.01
B ²	0.86	1	3.03	-6.94	8.65	1.01
C ²	8.11	1	3.03	0.31	15.90	1.01

Final Equation in Terms of Coded Factors:		Final Equation in Terms of Actual Factors:	
yield =		yield =	
+12.77		+164.23625	
+6.37 * A		-3.14908 * temperature	
+8.98 * B		-0.42689 * time	
+4.64 * C		-0.69585 * mixing rate	
+1.76 * A * B		+5.87500E-003 * temperature * time	
+4.51 * A * C		+4.51250E-003 * temperature * mixing rate	
+3.77 * B * C		+1.25750E-003 * time * mixing rate	
+2.60 * A ²		+0.026004 * temperature ²	
+0.86 * B ²		+9.50463E-004 * time ²	
+8.11 * C ²		+8.10542E-004 * mixing rate ²	

Çizelge 4.32.’den görüldüğü gibi model “significant” fakat “lack of fit” hala “significant” olduğundan kriterleri karşılayacak en iyi fonksiyonun belirlenmesi için

“cubic fonksiyon” önerilmiştir. Fonksiyonda “alias” içeren terimler ve “not significant” olan terimler elimine edilerek çizelge 4.33.’de özetlenen veriler elde edilmiştir. Elde edilen fonksiyon bütün kriterleri sağlamaktadır.

Çizelge 4.33. Klinoptilolit tarafından adsorplanan orafti-glikoz çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “cubic fonksiyona” ait “ANOVA” tablosu

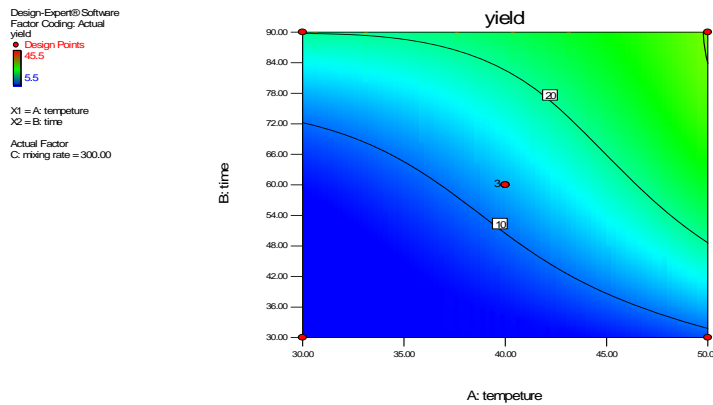
Response 1 yield						
ANOVA for Response Surface Reduced Cubic Model						
Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]						
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	1720.12	11	156.37	785.98	< 0.0001	significant
A-temperature	360.05	1	360.05	1809.70	< 0.0001	
B-time	645.48	1	645.48	3244.35	< 0.0001	
C-mixing rate	6.33	1	6.33	31.79	0.0110	
AB	12.43	1	12.43	62.45	0.0042	
AC	81.45	1	81.45	409.39	0.0003	
BC	56.93	1	56.93	286.13	0.0004	
A ²	24.97	1	24.97	125.50	0.0015	
B ²	2.70	1	2.70	13.58	0.0346	
C ²	242.58	1	242.58	1219.25	< 0.0001	
A ² C	91.67	1	91.67	460.74	0.0002	
AB ²	77.50	1	77.50	389.54	0.0003	
Residual	0.60	3	0.20			
Lack of Fit	0.46	1	0.46	6.77	0.1213	not significant
Pure Error	0.14	2	0.068			
Cor Total	1720.72	14				
Std. Dev.	0.45		R-Squared	0.9997		
Mean	18.93		Adj R-Squared	0.9984		
C.V. %	2.36		Pred R-Square	N/A		
PRESS	N/A		Adeq Precisor	99.661		
Case(s) with leverage of 1.0000: Pred R-Squared and PRESS statistic not defined						
Factor	Coefficient Estimate	df	Standard Error	95% CI Low	95% CI High	VIF
Intercept	12.77	1	0.26	11.95	13.59	
A-temperature	9.49	1	0.22	8.78	10.20	2.00
B-time	8.98	1	0.16	8.48	9.48	1.00
C-mixing rate	1.26	1	0.22	0.55	1.97	2.00
AB	1.76	1	0.22	1.05	2.47	1.00
AC	4.51	1	0.22	3.80	5.22	1.00
BC	3.77	1	0.22	3.06	4.48	1.00
A ²	2.60	1	0.23	1.86	3.34	1.01
B ²	0.86	1	0.23	0.12	1.59	1.01
C ²	8.11	1	0.23	7.37	8.84	1.01
A ² C	6.77	1	0.32	5.77	7.77	2.00
AB ²	-6.22	1	0.32	-7.23	-5.22	2.00
Final Equation in Terms of Coded Factors:						
yield =						
+12.77						
+9.49 * A						
+8.98 * B						
+1.26 * C						
+1.76 * A * B						
+4.51 * A * C						
+3.77 * B * C						
+2.60 * A ²						
+0.86 * B ²						
+8.11 * C ²						
+6.77 * A ² * C						
-6.22 * A * B ²						
Final Equation in Terms of Actual Factors:						
yield =						
-63.41875						
+10.92017 * temperature						
-3.74689 * time						
+0.35350 * mixing rate						
+0.088875 * temperature * time						
-0.049648 * temperature * mixing rate						
+1.25750E-003 * time * mixing rate						
-0.17710 * temperature ²						
+0.028617 * time ²						
+8.10542E-004 * mixing rate ²						
+6.77000E-004 * temperature ² * mixing rate						
-6.91667E-004 * temperature * time ²						

Dolayısıyla klinoptilolit tarafından adsorplanan orafti-glikoz çözeltisi için adsorpsiyonu modelleyen fonksiyon;

$$y(x) = 12.77 + 9.49X_1 + 8.98X_2 + 1.26X_3 + 1.76X_1X_2 + 4.51X_1X_3 + 3.77X_2X_3 + 2.60X_1^2 + 0.86X_2^2 + 8.11X_3^2 + 6.77X_1^2X_3 + 6.22X_1X_2^2 \quad (4.6)$$

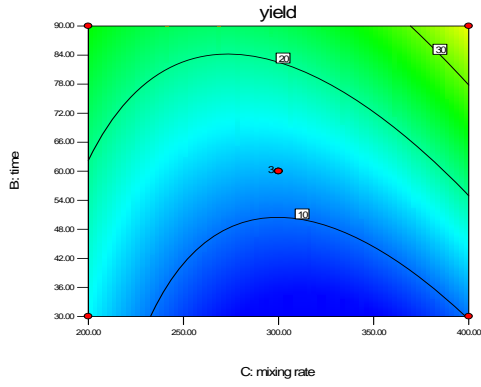
burada $y(x)$; adsorpsiyon verimini, X_1 sıcaklığı, X_2 adsorpsiyon süresini, X_3 karıştırma hızını göstermektedir.

Sistemi modelleyen fonksiyon ve yazılım programı aracılığıyla orafti-glikoz çözeltisi için klinoptilolit ile adsorpsiyonuna belirlenen parametrelerin etkisini ifade eden kontur grafikleri ve cevap yüzeyleri elde edilmiştir. Şekil 4.36'da sıcaklık-süre ikilisinin, şekil 4.37'de karıştırma hızı-süre ikilisinin, şekil 4.38'de karıştırma hızı-sıcaklık ikilisinin adsorpsiyon verimine olan etkisine ait kontur grafikleri; şekil 4.39., 4.40., ve 4.41'de ise aynı parametreleri içeren cevap yüzeyleri verilmiştir. Grafiklerden de görüldüğü gibi adsorpsiyon verimi en çok adsorpsiyon sıcaklığı ve adsorpsiyon süresinden etkilenmektedir. Benzer çıkarımlar çizelge 4.33.'de parametrelerin "F value" ve "p value" değerleri karşılaştırılarak da yapılabilir.



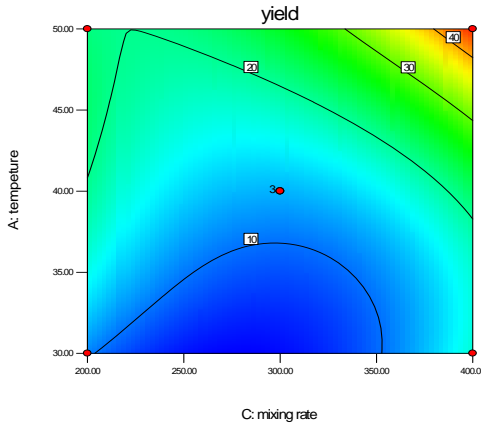
Şekil 4.36. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti-glikoz çözeltisinin karıştırma hızı-sıcaklık parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual
yield
● Design Points
45.5
5.5
X1 = C: mixing rate
X2 = B: time
Actual Factor
A: temperature = 40.00



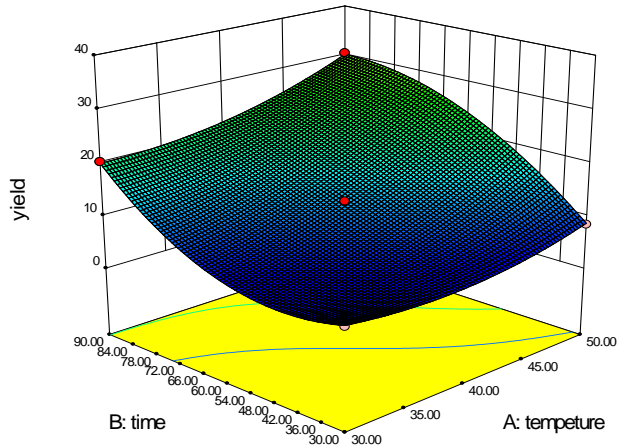
Şekil 4.37. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti-glikoz çözeltisinin karıştırma hızı-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual
yield
● Design Points
45.5
5.5
X1 = C: mixing rate
X2 = A: temperature
Actual Factor
B: time = 60.00

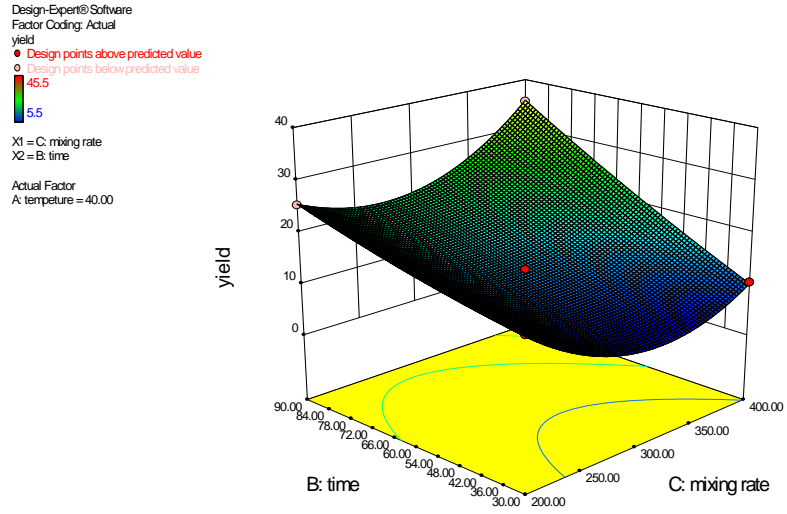


Şekil 4.38. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti-glikoz çözeltisinin karıştırma hızı-sıcaklık parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği

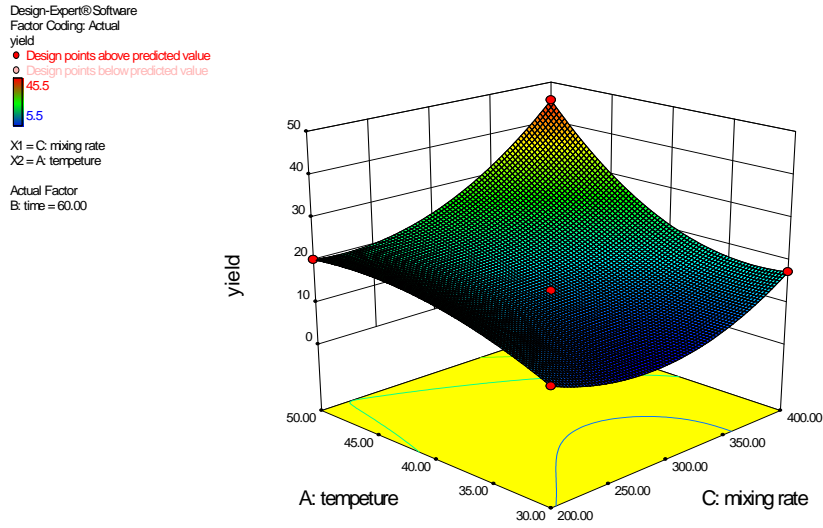
Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual
yield
● Design points above predicted value
○ Design points below predicted value
45.5
5.5
X1 = A: temperature
X2 = B: time
Actual Factor
C: mixing rate = 300.00



Şekil 4.39. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti-glikoz çözeltisinin sıcaklık-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren cevap yüzey grafiği



Şekil 4.40. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti-glikoz çözeltisinin karıştırma hızı-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren cevap yüzey grafiği



Şekil 4.41. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti-gikoz çözeltisinin karıştırma hızı-sıcaklık parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren cevap yüzeyi

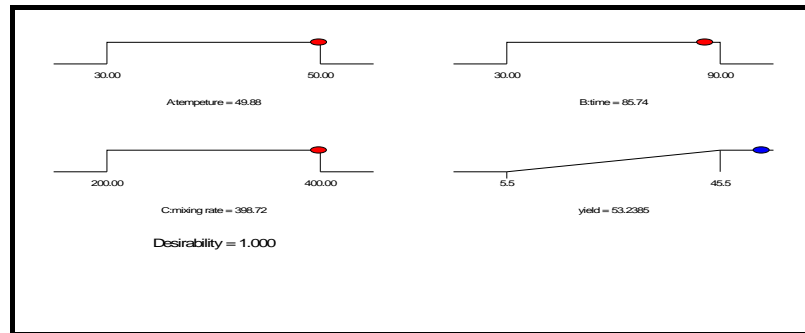
Optimizasyon kriterleri klinoptilolit tarafından adsorplanan orafti-glikoz çözeltisi için uygulandığında 39 adet çözüm bulunmuştur (çizelge 4.34.). Bu çözümler içinde en yüksek verime sahip istenirliği 1 olan 15. çözüm rampa şeklinde 4.42’de verilmiştir

Çizelge 4.34. Nümerik optimizasyon sonucunda klinoptilolit ile adsorplanan orafti-glikoz çözeltisi için bilgisayar programından elde edilen çözümler

Constraints						
Name	Goal	Lower Limit	Upper Limit	Lower Weight	Upper Weight	Importance
A:tempeture	is in range	30	50	1	1	3
B:time	is in range	30	90	1	1	3
C:mixing rate	is in range	200	400	1	1	3
yield	maximize	5.5	45.5	1	1	3

Solutions						
Number	tempeture	time	mixing rate	yield	Desirability	
1	48.97	87.98	386.63	47.5626	1.000	<u>Selected</u>
2	49.38	81.09	381.09	45.7427	1.000	
3	49.62	85.32	392.93	50.6465	1.000	
4	50.00	60.00	400.00	45.5	1.000	
5	47.63	89.10	398.89	47.964	1.000	
6	48.36	84.90	398.81	48.8418	1.000	
7	49.40	78.21	394.23	48.7866	1.000	
8	49.92	67.67	393.46	46.6857	1.000	
9	46.45	89.87	399.96	45.7417	1.000	
10	49.56	89.02	381.79	47.792	1.000	
11	49.87	81.83	378.03	46.3426	1.000	
12	47.13	88.89	399.77	46.9945	1.000	
13	49.13	86.08	394.04	49.7596	1.000	
14	47.99	81.78	397.40	46.6779	1.000	
15	49.88	85.74	398.72	53.2385	1.000	
16	49.68	88.64	393.57	51.5431	1.000	
17	49.44	82.61	383.03	46.7492	1.000	
18	48.90	73.78	393.29	45.7085	1.000	
19	47.84	88.87	391.29	46.2932	1.000	
20	49.49	82.19	386.85	47.8725	1.000	
21	49.80	69.32	399.37	48.666	1.000	
22	50.00	78.28	398.50	51.8779	1.000	
23	49.73	65.98	397.60	46.5936	1.000	
24	49.41	84.41	390.44	49.1458	1.000	
25	49.64	82.64	388.69	48.9045	1.000	
26	49.05	79.79	388.19	46.4729	1.000	
27	48.94	88.39	381.75	46.1875	1.000	
28	50.00	86.62	361.52	43.0024	0.938	
29	30.00	90.00	399.95	35.5607	0.752	
30	30.14	90.00	400.00	35.4422	0.749	
31	30.00	90.00	397.10	34.8993	0.735	
32	31.44	90.00	400.00	34.4419	0.724	
33	30.00	88.16	400.00	34.0597	0.714	
34	40.61	90.00	200.00	25.6957	0.505	
35	40.75	90.00	200.00	25.695	0.505	
36	40.20	90.00	200.11	25.6762	0.504	
37	38.79	90.00	200.00	25.5563	0.501	
38	39.84	59.35	200.00	19.4233	0.348	
39	30.00	30.01	400.00	13.5868	0.202	

39 Solutions found



Şekil 4.42. Nümerik optimizasyon sonucunda 15. çözümünün rampa grafiği

4.7. Klinoptilolit Adsorbenti Tarafından Adsorplanan Orafti –Früktoz Çözeltilisi İçin Cevap Yüzeyi ve Kontur Grafiklerinin Oluşturulması

Tezin 3.2.2. deney dizaynı kısmında belirtilen koşullardaki adsorpsiyon verimleri yazılım programına çizelge 4.35.'de belirtilen haliyle girilmiştir.

Çizelge 4.35. Klinoptilolit tarafından adsorplanan orafti–früktoz çözeltisi için adsorpsiyona ilişkin yazılım programına girilen veriler

Std	Run	Factor 1 A:tempeture degree C	Factor 2 B:time minute	Factor 3 C:mixing rate rpm	Response 1 yield per cent
14	1	40.00	60.00	300.00	15.12
2	2	50.00	30.00	300.00	35.1
7	3	30.00	60.00	400.00	57.56
8	4	50.00	60.00	400.00	30.1
12	5	40.00	90.00	400.00	20.12
10	6	40.00	90.00	200.00	20.12
4	7	50.00	90.00	300.00	12.63
15	8	40.00	60.00	300.00	20.12
1	9	30.00	30.00	300.00	27.6
3	10	30.00	90.00	300.00	30.1
6	11	50.00	60.00	200.00	25.11
13	12	40.00	60.00	300.00	20.12
5	13	30.00	60.00	200.00	12.63
11	14	40.00	30.00	400.00	32.6
9	15	40.00	30.00	200.00	17.62

Yazılım programı tarafından “2FI fonksiyonu” önerildiğinden (çizelge 4.36.), “ANOVA tablosu” oluşturularak (çizelge 4.37.), model “not significant” bulunduğundan kriterleri karşılayacak en iyi fonksiyonun belirlenmesi için “quadratic fonksiyon” önerilmiştir. Bu fonksiyonda “not significant” olan terimler elendiğinde ve kriterleri sağlayan olasılıklar tek tek denendiğinde çizelge 4.38.’de özetlenen veriler elde edilmiştir.

Çizelge 4.36. Klinoptilolit tarafından adsorplanan orafti-früktoz çözeltisinde yazılım programı tarafından önerilen “2FI fonksiyonuna” ait istatistiksel parametreler

Response	1	yield	Transform:	None		
*** WARNING: The Cubic Model and higher are Aliased! ***						
Summary (detailed tables shown below)						
	Sequential	Lack of Fit	Adjusted	Predicted		
Source	p-value	p-value	R-Squared	R-Squared		
Linear	0.1279	0.0655	0.2250	-0.2229		
2FI	<u>0.0822</u>	<u>0.0958</u>	<u>0.5179</u>	<u>-0.1260</u>	Suggested	
Quadratic	0.1420	0.1321	0.7174	-0.4897		
Cubic	0.1321		0.9363		Aliased	
Sequential Model Sum of Squares [Type I]						
	Sum of		Mean	F	p-value	
Source	Squares	df	Square	Value	Prob > F	
Mean vs Total	<u>9457.68</u>	1	<u>9457.68</u>			Suggested
Linear vs Mean	716.44	3	238.81	2.36	0.1279	
2FI vs Linear	<u>610.78</u>	<u>3</u>	<u>203.59</u>	<u>3.23</u>	<u>0.0822</u>	Suggested
Quadratic vs 2I	319.81	3	106.60	2.88	0.1420	
Cubic vs Quad	168.21	3	56.07	6.73	0.1321	Aliased
Residual	16.67	2	8.33			
Total	11289.59	15	752.64			
Lack of Fit Tests						
	Sum of		Mean	F	p-value	
Source	Squares	df	Square	Value	Prob > F	
Linear	1098.80	9	122.09	14.65	0.0655	
2FI	<u>488.02</u>	<u>6</u>	<u>81.34</u>	<u>9.76</u>	<u>0.0958</u>	Suggested
Quadratic	168.21	3	56.07	6.73	0.1321	
Cubic	0.000	0				Aliased
Pure Error	16.67	2	8.33			
Model Summary Statistics						
	Std.		Adjusted	Predicted		
Source	Dev.	R-Squared	R-Squared	R-Squared	PRESS	
Linear	10.07	0.3911	0.2250	-0.2229	2240.21	
2FI	<u>7.94</u>	<u>0.7245</u>	<u>0.5179</u>	<u>-0.1260</u>	<u>2062.74</u>	Suggested
Quadratic	6.08	0.8991	0.7174	-0.4897	2728.91	
Cubic	2.89	0.9909	0.9363		+	Aliased
+ Case(s) with leverage of 1.0000: PRESS statistic not defined						

Çizelge 4.37. Klinoptilolit tarafından adsorplanan orafti-früktoz çözeltisinde yazılım programı tarafından önerilen “2FI fonksiyonuna” ait “ANOVA” tablosu

Response 1 yield						
ANOVA for Response Surface 2FI 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	1327.22	6	221.20	3.51	0.0527 not significant	
<i>A-temperature</i>	77.81	1	77.81	1.23	0.2990	
<i>B-time</i>	112.13	1	112.13	1.78	0.2192	
<i>C-mixing rate</i>	526.50	1	526.50	8.35	0.0202	
<i>AB</i>	155.88	1	155.88	2.47	0.1546	
<i>AC</i>	398.80	1	398.80	6.32	0.0361	
<i>BC</i>	56.10	1	56.10	0.89	0.3733	
Residual	504.69	8	63.09			
<i>Lack of Fit</i>	488.02	6	81.34	9.76	0.0958 not significant	
<i>Pure Error</i>	16.67	2	8.33			
Cor Total	1831.90	14				
Std. Dev.	7.94		R-Squared	0.7245		
Mean	25.11		Adj R-Squared	0.5179		
C.V. %	31.63		Pred R-Square	-0.1260		
PRESS	2062.74		Adeq Precisor	6.671		
Factor	Coefficient Estimate	df	Standard Error	95% CI Low	95% CI High	VIF
Intercept	25.11	1	2.05	20.38	29.84	
<i>A-temperature</i>	-3.12	1	2.81	-9.59	3.36	1.00
<i>B-time</i>	-3.74	1	2.81	-10.22	2.73	1.00
<i>C-mixing rate</i>	8.11	1	2.81	1.64	14.59	1.00
<i>AB</i>	-6.24	1	3.97	-15.40	2.92	1.00
<i>AC</i>	-9.98	1	3.97	-19.14	-0.83	1.00
<i>BC</i>	-3.75	1	3.97	-12.90	5.41	1.00
Final Equation in Terms of Coded Factors:			Final Equation in Terms of Actual Factors:			
yield =			yield =			
+25.11			-171.49500			
-3.12 * A			+3.93213 * temperature			
-3.74 * B			+1.08204 * time			
+8.11 * C			+0.55543 * mixing rate			
-6.24 * A * B			-0.020808 * temperature * time			
-9.98 * A * C			-9.98500E-003 * temperature * mixing rate			
-3.75 * B * C			-1.24833E-003 * time * mixing rate			

Çizelge 4.38. Klinoptilolit tarafından adsorplanan orafti-früktoz çözeltisinde yazılım programı tarafından önerilen “quadretic fonksiyona” ait “ANOVA” tablosu

Response 1 yield						
ANOVA for Response Surface Reduced Quadratic 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	1646.39	8	205.80	6.66	0.0164	significant
A-temperature	77.81	1	77.81	2.52	0.1637	
B-time	112.13	1	112.13	3.63	0.1055	
C-mixing rate	526.50	1	526.50	17.03	0.0062	
AB	155.88	1	155.88	5.04	0.0659	
AC	398.80	1	398.80	12.90	0.0115	
BC	56.10	1	56.10	1.81	0.2266	
A ²	259.06	1	259.06	8.38	0.0275	
C ²	78.90	1	78.90	2.55	0.1613	
Residual	185.52	6	30.92			
Lack of Fit	168.85	4	42.21	5.07	0.1716	not significant
Pure Error	16.67	2	8.33			
Cor Total	1831.90	14				

Std. Dev.	5.56	R-Squared	0.8987
Mean	25.11	Adj R-Squared	0.7637
C.V. %	22.14	Pred R-Square	0.0120
PRESS	1809.91	Adeq Precisor	9.038

Factor	Coefficient		Standard Error	95% CI		VIF
	Estimate	df		Low	High	
Intercept	18.20	1	2.67	11.66	24.73	
A-temperature	-3.12	1	1.97	-7.93	1.69	1.00
B-time	-3.74	1	1.97	-8.55	1.07	1.00
C-mixing rate	8.11	1	1.97	3.30	12.92	1.00
AB	-6.24	1	2.78	-13.05	0.56	1.00
AC	-9.99	1	2.78	-16.79	-3.18	1.00
BC	-3.75	1	2.78	-10.55	3.06	1.00
A ²	8.35	1	2.89	1.29	15.41	1.01
C ²	4.61	1	2.89	-2.45	11.67	1.01

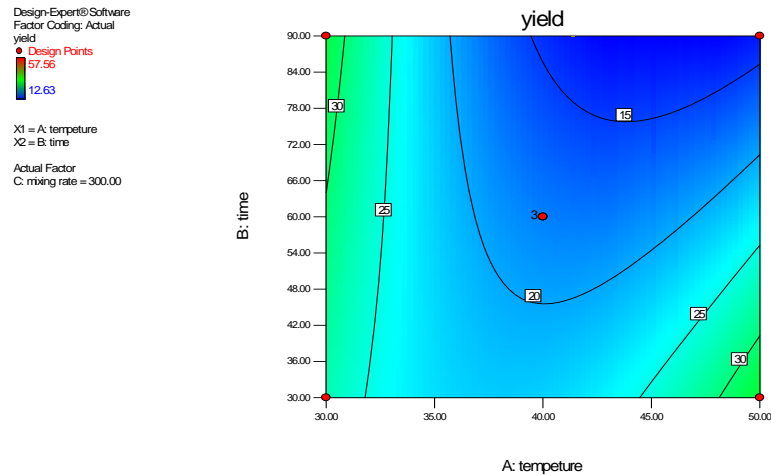
Final Equation in Terms of Coded Factors:	Final Equation in Terms of Actual Factors:
yield =	yield =
+18.20	-3.30135
-3.12 * A	-2.74911 * temperature
-3.74 * B	+1.08204 * time
+8.11 * C	+0.27888 * mixing rate
-6.24 * A * B	-0.020808 * temperature * time
-9.99 * A * C	-9.98500E-003 * temperature * mixing rate
-3.75 * B * C	-1.24833E-003 * time * mixing rate
+8.35 * A ²	+0.083515 * temperature ²
+4.61 * C ²	+4.60904E-004 * mixing rate ²

Dolayısıyla klinoptilolit tarafından adsorplanan orafti-früktoz çözeltisi için adsorpsiyonu modelleyen fonksiyon;

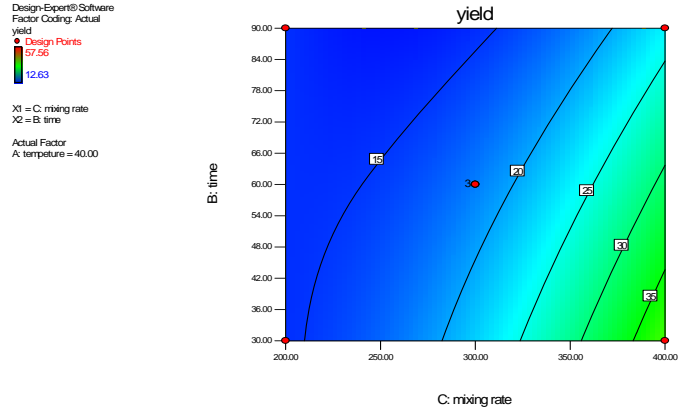
$$y(x) = 12.77 + 9.4X_1 + 8.98X_2 + 1.26X_3 + 1.76X_1X_2 + 4.51X_1X_3 + 3.77X_2X_3 + 2.60X_1^2 + 0.86X_2^2 + 8.11X_3^2 + 6.77X_1^2X_3 + 6.22X_1X_2^2 \quad (4.7)$$

burada $y(x)$; adsorpsiyon verimini, X_1 sıcaklığı, X_2 adsorpsiyon süresini, X_3 karıştırma hızını göstermektedir.

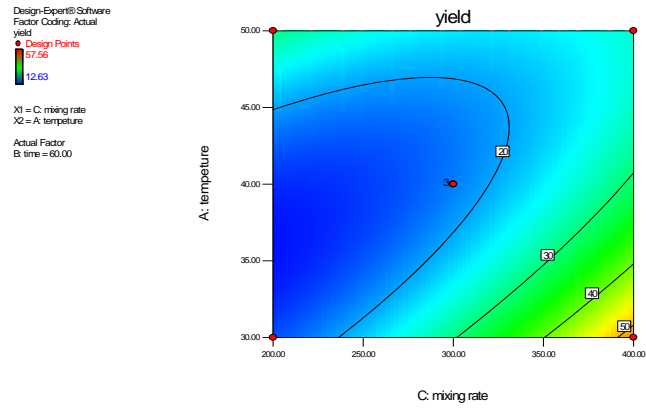
Sistemi modelleyen fonksiyon ve yazılım programı aracılığıyla orafti-früktoz çözeltisi için klinoptilolit ile adsorpsiyonuna belirlenen parametrelerin etkisini ifade eden kontur grafikleri ve cevap yüzeyleri elde edilmiştir. Şekil 4.43’de sıcaklık-süre ikilisinin, şekil 4.44’de karıştırma hızı-süre ikilisinin, şekil 4.45’de karıştırma hızı-sıcaklık ikilisinin adsorpsiyon verimine olan etkisine olan kontur grafikleri; şekil 4.46., 4.47 ve 4.48’de ise aynı parametreleri içeren cevap yüzeyleri verilmiştir.grafiklerden de görüldüğü gibi adsorpsiyon verimi en çok karıştırma hızından etkilenmektedir. Benzer çıkarımlar çizelge 4.38’de parametrelerin “F value“ ve “p value” de ğerleri karşılaştırılarak da yapılabilir.



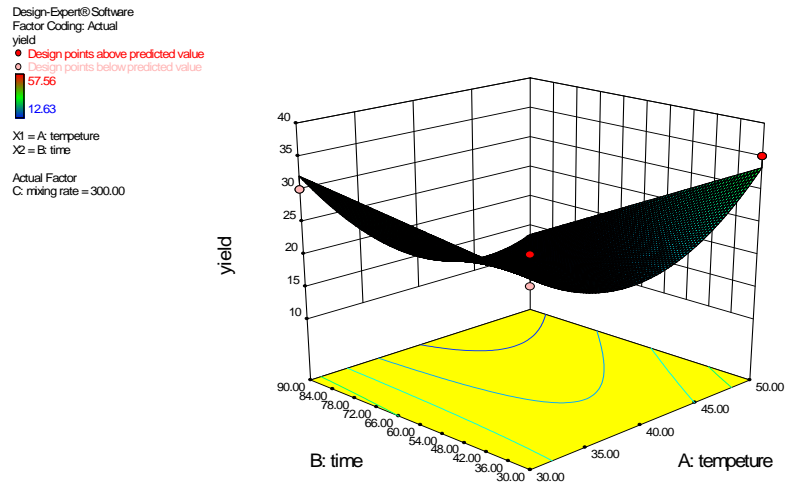
Şekil 4.43. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti-früktoz çözeltisinin sıcaklık-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği



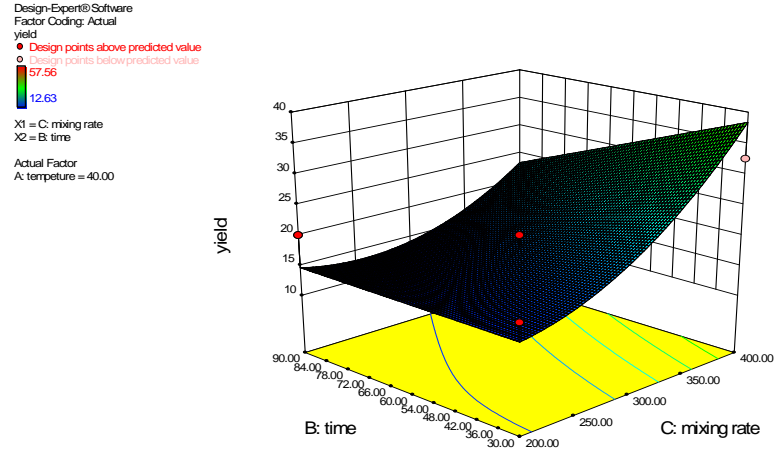
Şekil 4.44. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti-früktoz çözeltisinin karıştırma hızı-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği



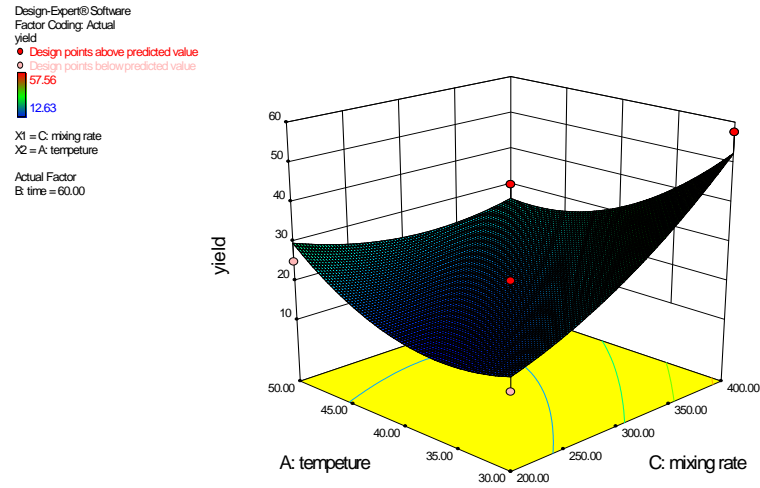
Şekil 4.45. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti-früktoz çözeltisinin karıştırma hızı-sıcaklık parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği



Şekil 4.46. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti-früktoz çözeltisinin sıcaklık-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren cevap yüzey grafiği



Şekil 4.47. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti-früktoz çözeltisinin karıştırma hızı-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren cevap yüzey grafiği



Şekil 4.48. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti-früktoz çözeltisinin karıştırma hızı-sıcaklık parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren cevap yüzey grafiği

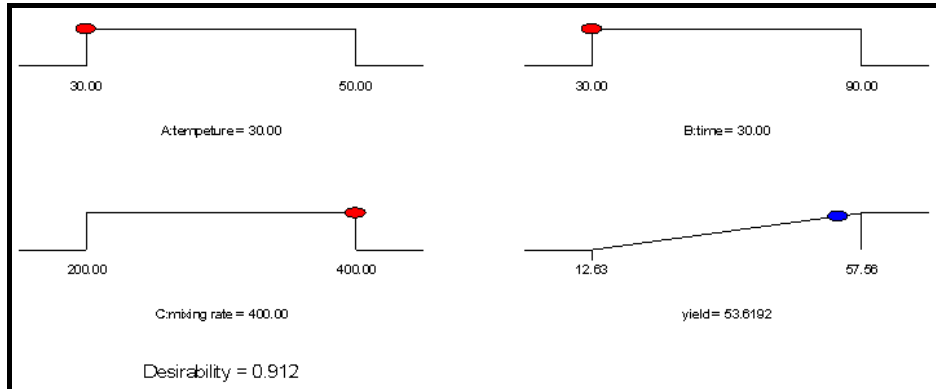
Optimizasyon kriterleri klinoptilolit tarafından adsorplanan orafti-früktoz çözeltisi için uygulandığında 33 adet çözüm bulunmuştur (çizelge 4.39.). Bu çözümler içinde en yüksek verime sahip istenirliği 1 olan 1. çözüm rampa şeklinde 4.49'de verilmiştir

Çizelge 4.39. Nümerik optimizasyon sonucunda klinoptilolit ile adsorplanan orafti-früktoz çözeltisi için bilgisayar programından elde edilen çözümler

Constraints						
Name	Goal	Lower Limit	Upper Limit	Lower Weight	Upper Weight	Importance
A:tempeture	is in range	30	50	1	1	3
B:time	is in range	30	90	1	1	3
C:mixing rate	is in range	200	400	1	1	3
yield	maximize	12.63	57.56	1	1	3

Solutions						
Number	tempeture	time	mixing rate	yield	Desirability	
1	30.00	30.00	400.00	53.6192	0.912	Selected
2	30.00	30.53	400.00	53.5989	0.912	
3	30.00	31.42	400.00	53.5617	0.911	
4	30.00	34.06	400.00	53.4522	0.909	
5	30.00	34.81	400.00	53.421	0.908	
6	30.00	37.17	400.00	53.3227	0.906	
7	30.00	30.01	399.00	53.3091	0.905	
8	30.00	39.97	400.00	53.2064	0.903	
9	30.18	30.00	400.00	53.1948	0.903	
10	30.00	54.29	400.00	52.6116	0.890	
11	30.00	55.72	400.00	52.5523	0.889	
12	30.00	59.28	400.00	52.4042	0.885	
13	30.00	62.95	400.00	52.2519	0.882	
14	30.00	64.76	400.00	52.1765	0.880	
15	30.00	66.74	400.00	52.0945	0.878	
16	30.00	69.56	400.00	51.9775	0.876	
17	30.00	76.63	400.00	51.6837	0.869	
18	30.00	84.76	400.00	51.3456	0.862	
19	30.00	87.27	400.00	51.2415	0.859	
20	30.00	89.05	400.00	51.1676	0.858	
21	30.00	89.89	400.00	51.1329	0.857	
22	30.09	90.00	400.00	50.8083	0.850	
23	30.00	30.30	380.20	47.6451	0.779	
24	35.74	30.00	400.00	42.8434	0.672	
25	50.00	30.00	400.00	39.8982	0.607	
26	50.00	30.00	398.68	39.7523	0.604	
27	50.00	30.44	400.00	39.6981	0.602	
28	49.29	30.04	400.00	39.2241	0.592	
29	50.00	33.53	400.00	38.2846	0.571	
30	44.70	30.00	400.00	37.0278	0.543	
31	50.00	30.00	200.02	36.152	0.524	
32	50.00	30.00	230.72	34.3318	0.483	
33	50.00	30.00	231.70	34.2677	0.482	

#3 Solutions found



Şekil. 4.49. Nümerik optimizasyon sonucunda 1. çözümünün rampa grafiği

4.8. Klinoptilolit Adsorbenti Tarafından Adsorplanan Orafti –Sükroz Çözeltilisi İçin Cevap Yüzeyi ve Kontur Grafiklerinin Oluşturulması

Tezin 3.2.2. deney dizaynı kısmında belirtilen koşullardaki adsorpsiyon verimleri yazılım programına çizelge 4.40.'da belirtilen haliyle girilmiştir.

Çizelge 4.40. Klinoptilolit tarafından adsorplanan orafti–sükroz çözeltisi için adsorpsiyona ilişkin yazılım programına girilen veriler

Std	Run	Factor 1 A:tempeture degree C	Factor 2 B:time minute	Factor 3 C:mixing rate rpm	Response 1 yield per cent
10	1	40.00	90.00	200.00	32.63
	2	50.00	30.00	300.00	15.16
	3	30.00	30.00	300.00	22.65
	4	30.00	60.00	200.00	42.61
	5	50.00	60.00	200.00	40.12
	6	40.00	60.00	300.00	35.13
	7	40.00	90.00	400.00	20.15
	8	50.00	90.00	300.00	20.15
	9	50.00	60.00	400.00	2.69
	10	40.00	30.00	400.00	45.11
	11	40.00	60.00	300.00	35.13
	12	30.00	90.00	300.00	40.12
	13	30.00	60.00	400.00	27.64
	14	40.00	30.00	200.00	25.15
	15	40.00	60.00	300.00	35.13

Yazılım programı tarafından “lineer fonksiyonu” önerildiği halde (çizelge 4.41.) model “not significant” bulunduğundan (çizelge 4.42.), yine daha önce olduğu gibi “not significant” olan bütün terimler elimine edilerek “indirgenmiş cubic model” önerilmiştir (çizelge 4.43.).

Çizelge 4.41. Klinoptilolit tarafından adsorplanan orafti-sükroz çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “lineer fonksiyona” ait istatistiksel parametreler

Response	1	yield	Transform:	None		
*** WARNING: The Cubic Model and higher are Aliased! ***						
Summary (detailed tables shown below)						
Source	Sequential p-value	Lack of Fit p-value	Adjusted R-Squared	Predicted R-Squared		
Linear	0.2039		0.1476	-0.3815	Suggested	
2FI	0.3289		0.2194	-1.1533		
Quadratic	0.6808		0.0526	-4.4136		
Cubic	< 0.0001		1.0000		Aliased	
Sequential Model Sum of Squares [Type I]						
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Mean vs Total	12881.45	1	12881.45			Suggested
Linear vs Mean	632.08	3	210.69	1.81	0.2039	Suggested
2FI vs Linear	428.14	3	142.71	1.34	0.3289	
Quadratic vs 2I	206.17	3	68.72	0.53	0.6808	
Cubic vs Quadi	647.60	3	215.87	6.366E+007	< 0.0001	Aliased
Residual	0.000	2	0.000			
Total	14795.44	15	986.36			
Lack of Fit Tests						
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Linear	1281.91	9	142.43			
2FI	853.77	6	142.30			
Quadratic	647.60	3	215.87			
Cubic	0.000	0				
Pure Error	0.000	2	0.000			
"Lack of Fit Tests": Want the selected model to have insignificant lack-of-fit.						
Model Summary Statistics						
Source	Std. Dev.	R-Squared	Adjusted R-Squared	Predicted R-Squared	PRESS	
Linear	10.80	0.3302	0.1476	-0.3815	2644.17	Suggested
2FI	10.33	0.5539	0.2194	-1.1533	4121.44	
Quadratic	11.38	0.6616	0.0526	-4.4136	10361.64	
Cubic	0.000	1.0000	1.0000			+ Aliased
+ Case(s) with leverage of 1.0000: PRESS statistic not defined						
"Model Summary Statistics": Focus on the model maximizing the "Adjusted R-Squared"						

Çizelge 4.42. Klinoptilolit tarafından adsorplanan orafti-sükroz çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “lineer fonksiyona” ait “ANOVA” tablosu

Response 1 yield					
ANOVA for Response Surface Linear 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	632.08	3	210.69	1.81	0.2039 not significant
<i>A-temperature</i>	376.75	1	376.75	3.23	0.0996
<i>B-time</i>	3.10	1	3.10	0.027	0.8734
<i>C-mixing rate</i>	252.23	1	252.23	2.16	0.1693
Residual	1281.91	11	116.54		
<i>Lack of Fit</i>	1281.91	9	142.43		
<i>Pure Error</i>	0.000	2	0.000		
Cor Total	1913.99	14			

Std. Dev.	10.80	R-Squared	0.3302
Mean	29.30	Adj R-Squared	0.1476
C.V. %	36.84	Pred R-Square	-0.3815
PRESS	2644.17	Adeq Precisor	4.477

Factor	Coefficient Estimate	df	Standard Error	95% CI Low	95% CI High	VIF
Intercept	29.30	1	2.79	23.17	35.44	
A-temperature	-6.86	1	3.82	-15.26	1.54	1.00
B-time	0.62	1	3.82	-7.78	9.02	1.00
C-mixing rate	-5.62	1	3.82	-14.02	2.79	1.00

Final Equation in Terms of Coded Factors:

$$\text{yield} = +29.30 - 6.86 * A + 0.62 * B - 5.62 * C$$

Final Equation in Terms of Actual Factors:

$$\text{yield} = +72.35467 - 0.68625 * \text{temperature} + 0.020750 * \text{time} - 0.056150 * \text{mixing rate}$$

Çizelge 4.43. Klinoptilolit tarafından adsorplanan orafti-sükroz çözeltisi için yazılım programı tarafından önerilen “ indirgenmiş cubic fonksiyona” ait “ANOVA” tablosu

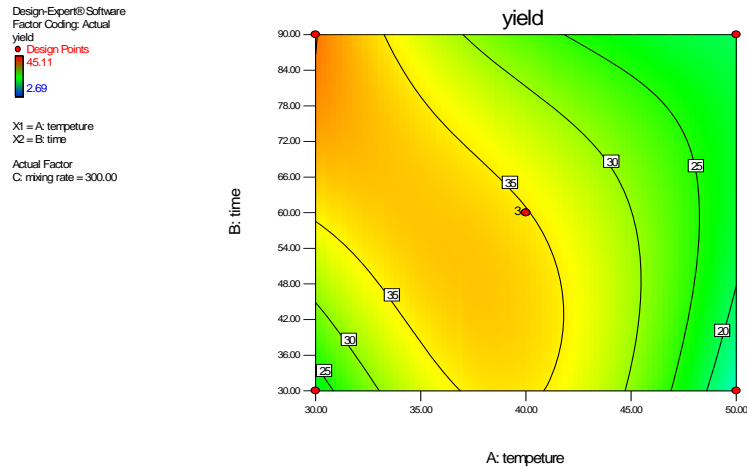
Response 1 yield						
ANOVA for Response Surface Reduced Cubic Model						
Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]						
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	1913.99	12	159.50	6.366E+007	< 0.0001	significant
A-temperature	188.24	1	188.24	6.366E+007	< 0.0001	
B-time	76.39	1	76.39	6.366E+007	< 0.0001	
C-mixing rate	13.99	1	13.99	6.366E+007	< 0.0001	
AB	38.94	1	38.94	6.366E+007	< 0.0001	
AC	126.11	1	126.11	6.366E+007	< 0.0001	
BC	263.09	1	263.09	6.366E+007	< 0.0001	
A ²	158.53	1	158.53	6.366E+007	< 0.0001	
B ²	60.79	1	60.79	6.366E+007	< 0.0001	
C ²	0.36	1	0.36	6.366E+007	< 0.0001	
A ² B	199.40	1	199.40	6.366E+007	< 0.0001	
A ² C	448.20	1	448.20	6.366E+007	< 0.0001	
AB ²	5.000E-005	1	5.000E-005	6.366E+007	< 0.0001	
Pure Error	0.000	2	0.000			
Cor Total	1913.99	14				
Std. Dev.	0.000	R-Squared	1.0000			
Mean	29.30	Adj R-Squared	1.0000			
C.V. %	0.000	Pred R-Square	N/A			
PRESS	N/A	Adeq Precision				
Case(s) with leverage of 1.0000: Pred R-Squared and PRESS statistic not defined						
Factor	Coefficient Estimate	df	Standard Error	95% CI Low	95% CI High	VIF
Intercept	35.13	1				
A-temperature	-6.86	1				2.00
B-time	-4.37	1				2.00
C-mixing rate	1.87	1				2.00
AB	-3.12	1				1.00
AC	-5.61	1				1.00
BC	-8.11	1				1.00
A ²	-6.55	1				1.01
B ²	-4.06	1				1.01
C ²	-0.31	1				1.01
A ² B	9.98	1				2.00
A ² C	-14.97	1				2.00
AB ²	-5.000E-003	1				2.00
Final Equation in Terms of Coded Factors:						
yield =						
+35.13						
-6.86 * A						
-4.37 * B						
+1.87 * C						
-3.12 * A * B						
-5.61 * A * C						
-8.11 * B * C						
-6.55 * A ²						
-4.06 * B ²						
-0.31 * C ²						
+9.98 * A ² * B						
-14.97 * A ² * C						
-5.000E-003 * A * B ²						
Final Equation in Terms of Actual Factors:						
yield =						
+199.93750						
-13.08950 * temperature						
+6.94500 * time						
-1.97095 * mixing rate						
-0.27660 * temperature * time						
+0.11415 * temperature * mixing rate						
-2.70333E-003 * time * mixing rate						
+0.18387 * temperature ²						
-4.48611E-003 * time ²						
-3.12500E-005 * mixing rate ²						
+3.32833E-003 * temperature ² * time						
-1.49700E-003 * temperature ² * mixing rate						
-5.55556E-007 * temperature * time ²						

Çizelge 4.43.'den görüldüğü gibi “indirgenmiş cubic fonksiyon” bütün kriterleri sağlamaktadır. Dolayısıyla klinoptilolit tarafından adsorplanan orafti-sükroz çözeltisi için adsorpsiyonu modelleyen fonksiyon;

$$y(x) = 35.13 - 8.86X_1 - 4.37X_2 + 1.87X_3 - 3.12X_1X_2 - 5.61X_1X_3 - 8.11X_2X_3 - 6.55X_1^2 - 4.06X_2^2 - 0.31X_3^2 + 9.98X_1^2X_2 - 5.10^{-3}X_1X_2^2 \quad (4.8)$$

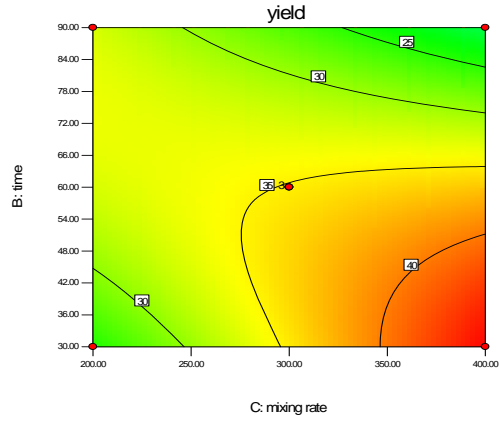
burada $y(x)$; adsorpsiyon verimini, X_1 sıcaklığı, X_2 adsorpsiyon süresini, X_3 karıştırma hızını göstermektedir.

Sistemi modelleyen fonksiyon ve yazılım programı aracılığıyla orafti-sükroz çözeltisi için kilinoptilolit ile adsorpsiyonuna belirlenen parametrelerin etkisini ifade eden kontur grafikleri ve cevap yüzeyleri elde edilmiştir. Şekil 4.50’de sıcaklık-süre ikilisinin, şekil 4.51’de karıştırma hızı-süre ikilisinin, şekil 4.52’de karıştırma hızı-sıcaklık ikilisinin adsorpsiyon verimine olan etkisine olan kontur grafikleri; şekil 4.53., 4.54. ve 4.55’de ise aynı parametreleri içeren cevap yüzeyleri verilmiştir. Grafiklerden de görüldüğü gibi adsorpsiyon verimi bütün parametrelerden eşdeğer şekilde etkilenmektedir. Benzer çıkarımlar çizelge 4.45.’de parametrelerin “F value“ ve “p value” değerleri karşılaştırılarak da yapılabilir.



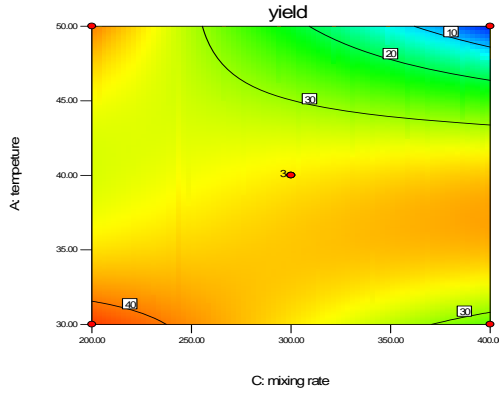
Şekil 4.50. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti-sükroz çözeltisinin sıcaklık-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual
yield
45.11
2.69
Design Points
X1 = C: mixing rate
X2 = B: time
Actual Factor
A: temperture = 40.00



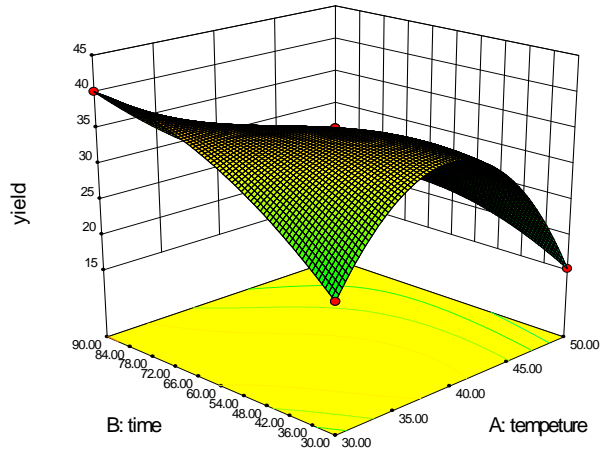
Şekil 4.51. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti-sükroz çözeltisinin karıştırma hızı-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual
yield
45.11
2.69
Design Points
X1 = C: mixing rate
X2 = A: temperture
Actual Factor
B: time = 60.00



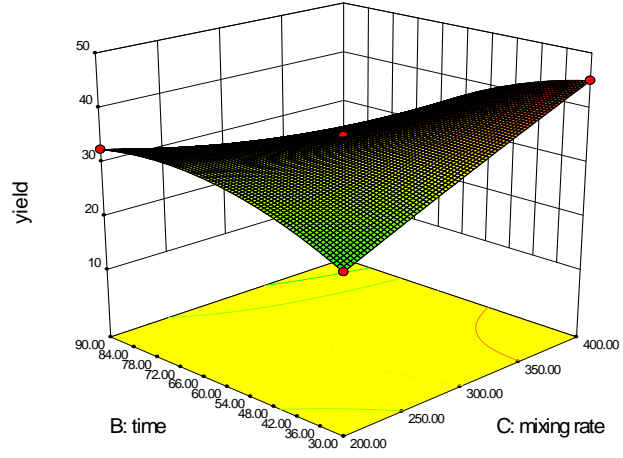
Şekil 4.52. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti-sükroz çözeltisinin karıştırma hızı-sıcaklık parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren kontur grafiği

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual
yield
45.11
2.69
Design Points
X1 = A: temperture
X2 = B: time
Actual Factor
C: mixing rate = 300.00



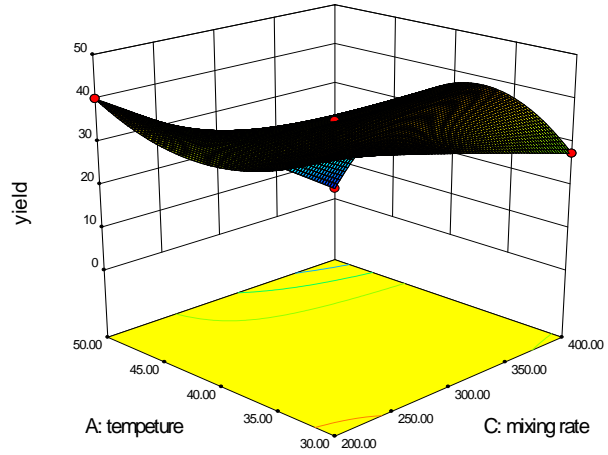
Şekil 4.53. Klinoptilolit ile adsorplanan orafti-sükroz çözeltisinin sıcaklık-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren cevap yüzey grafiği

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual
yield
45.11
2.69
X1 = C: mixing rate
X2 = B: time
Actual Factor
A: temperture = 40.00



Şekil 4.54. Klinoptilolitle adsorplanan orafti-sükroz çözeltisinin karıştırma hızı-süre parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren cevap yüzey grafiği

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual
yield
45.11
2.69
X1 = C: mixing rate
X2 = A: temperture
Actual Factor
B: time = 60.00

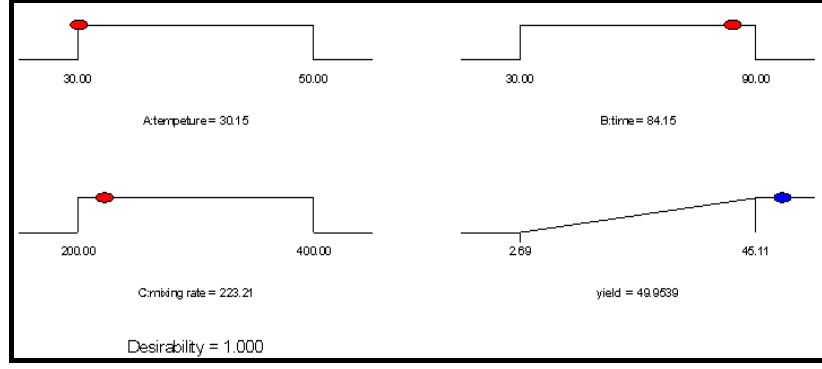


Şekil 4.55. Klinoptilolitle adsorplanan orafti-sükroz çözeltisinin karıştırma hızı-sıcaklık parametrelerinin adsorpsiyon verimine etkisini gösteren cevap yüzey grafiği

Optimizasyon kriterleri klinoptilolit tarafından adsorplanan orafti-sükroz çözeltisi için uygulandığında 43 adet çözüm bulunmuştur (çizelge 4.44.). Bu çözümler içinde en yüksek verime sahip istenirliği 1 olan 29. çözüm rampa şeklinde 4.56'da verilmiştir.

Çizelge 4.44. Nümerik optimizasyon sonucunda klinoptilolit ile adsorplanan orafti-sükroz çözeltisi için bilgisayar programından elde edilen çözümler

Constraints						
Name	Goal	Lower Limit	Upper Limit	Lower Weight	Upper Weight	Importance
A:tempeture	is in range	30	50	1	1	3
B:time	is in range	30	90	1	1	3
C:mixing rate	is in range	200	400	1	1	3
yield	maximize	2.69	45.11	1	1	3
Solutions						
Number	tempeture	time	mixing rate	yield	Desirability	
1	<u>38.92</u>	<u>31.16</u>	<u>396.78</u>	<u>45.2922</u>	<u>1.000</u>	<u>Selected</u>
2	38.35	30.97	397.31	45.4172	1.000	
3	38.90	32.63	399.00	45.2956	1.000	
4	40.00	30.00	400.00	45.11	1.000	
5	39.31	30.84	396.67	45.1711	1.000	
6	49.76	87.52	201.17	45.4138	1.000	
7	49.90	84.10	201.39	45.3923	1.000	
8	49.78	89.35	202.29	45.3456	1.000	
9	31.17	71.43	204.30	45.1533	1.000	
10	32.20	87.19	210.26	45.8292	1.000	
11	30.17	67.56	203.92	45.8718	1.000	
12	30.15	83.98	256.88	45.4516	1.000	
13	49.93	81.96	200.67	45.3411	1.000	
14	30.13	77.01	231.04	46.9782	1.000	
15	30.02	89.46	250.44	47.6379	1.000	
16	49.93	84.34	201.48	45.4931	1.000	
17	37.58	33.15	399.87	45.1542	1.000	
18	31.45	81.64	220.80	45.9654	1.000	
19	30.46	73.33	220.19	46.1163	1.000	
20	37.88	34.29	399.96	45.127	1.000	
21	38.62	31.75	395.42	45.1391	1.000	
22	38.87	30.25	393.82	45.1289	1.000	
23	39.01	30.10	394.23	45.1512	1.000	
24	38.76	34.06	399.51	45.1532	1.000	
25	38.51	30.28	398.07	45.5812	1.000	
26	39.40	30.82	398.17	45.271	1.000	
27	39.09	31.02	395.66	45.1481	1.000	
28	30.98	87.89	240.77	46.0653	1.000	
29	30.15	84.15	223.21	49.9539	1.000	
30	49.92	89.02	204.64	45.132	1.000	
31	31.43	79.30	223.48	45.2593	1.000	
32	49.87	85.59	200.42	45.7083	1.000	
33	30.16	83.54	258.57	45.1254	1.000	
34	30.00	79.69	223.53	49.0297	1.000	
35	38.47	32.12	397.01	45.2473	1.000	
36	30.46	76.90	218.49	47.4916	1.000	
37	39.03	32.88	399.97	45.3011	1.000	
38	30.02	85.56	243.45	47.9145	1.000	
39	39.01	30.67	395.16	45.1744	1.000	
40	30.29	78.55	213.14	49.0792	1.000	
41	37.57	31.17	399.67	45.3692	1.000	
42	37.58	34.83	400.00	44.9388	0.996	
43	37.55	41.37	400.00	43.7892	0.969	
43 Solutions found						



Şekil 4.56. Nümerik optimizasyon sonucunda 29. çözümünün rampa grafiği

5. SONUÇ

Orafti, orafti-glikoz, orafti-früktoz ve orafti-sükroz çözeltileri ile adsorbent olarak klinoptilolit veya zeolit Y ile belirli süre, karıştırma hızı, sıcaklık parametreleri altında adsorpsiyon deneyleri gerçekleştirilmiştir. Her bir çözelti ve her bir adsorbent için belirlenen parametreler altında toplamda 120 deney yapılmıştır. Zeolit Y ve klinoptilolit ile adsorpsiyonu gerçekleştirilen 8 ayrı orafti, orafti-glikoz, orafti-früktoz ve orafti- çözeltileri için hesaplanan verim değerleri Design expert programına girilerek sistemin cevap yüzey yöntemi ile modellenmesi ve optimizasyonu sağlanmıştır. Optimizasyon sonucunda her bir çözelti için verim denklemleri belirlenmiştir. Nümerik optimizasyon ile de çözümler hesaplanıp en yüksek verimi içeren değerlerin rampa grafikleri elde edilmiştir.

Gerçekleştirilen deneyler sonucunda Zeolit Y adsorbentinin orafti, orafti-glikoz, orafti-früktoz çözeltilerindeki adsorpsiyon verimlerinin, belirlenen aynı sıcaklık, karıştırma hızı, süre parametrelerinde klinoptilolit adsorbentine göre daha yüksek değerlerde olduğu gözlenmiştir. Buna karşın orafti-sükroz çözeltisinde klinoptilolit adsorbenti için daha yüksek verim değerleri elde edilmiştir. Örneğin; 30° C’de, 300 dev/dak karıştırma hızı altında ve 90 dakikalık sürede zeolit Y ile orafti çözeltisinde elde edilen verim % 48.14 (bkz. çizelge 4.1.) olarak hesaplanırken, aynı parametreler altında klinoptilolit adsorbentinin orafti çözeltisi ile gerçekleştirilen deneyde (bkz. çizelge 4.23.) % 20 olarak hesaplanmıştır. Sıcaklığın 40° C, karıştırma hızının 300 dev/dak ve sürenin 60 dakika olduğu merkez deneylerde klinoptilolit adsorbenti ile gerçekleştirilen orafti-sükroz çözeltisinden elde edilen verim değeri %35.13 (bkz. çizelge 4.40.) iken, aynı parametreler altında zeolit Y adsorbentinin orafti-sükroz çözeltisindeki verimi %20.42 (bkz. çizelge 4.18.) olarak bulunmuştur.

Yapılan çalışmalar ve elde edilen nümerik optimizasyonlar sonucunda zeolit Y adsorbenti ile gerçekleştirilen orafti çözeltisinde 30°C’de 383.20 dev/dak karıştırma hızında, 89.94 dakikalık süre altında elde edilen en yüksek verim değeri %50.4527 olarak belirlenmiştir. Klinoptilolit adsorbenti ile gerçekleştirilen orafti çözeltisinde

ise, 49.50°C’de 205.18 dev/dak karıştırma hızında, 87.58 dakikalık süre altında elde edilen en yüksek verim değeri % 44.6767 olarak bulunmuştur.

Zeolit Y ile adsorbenti ile gerçekleştirilen orafti-glikoz çözeltisinde 30.67°C’de 206.67 dev/dak karıştırma hızında, 30 dakikalık süre altında elde edilen en yüksek verim değeri % 51.9146 olarak bulunmuştur. Klinoptilolit adsorbenti ile gerçekleştirilen orafti-glikoz çözeltisinde ise, 49.88°C’de 398.74 dev/dak karıştırma hızında, 85.74 dakikalık süre altında elde edilen en yüksek verim değeri % 53.2385 olarak bulunmuştur.

Zeolit Y ile adsorbenti ile gerçekleştirilen orafti-früktoz çözeltisinde 30.15°C’de 246,70 dev/dak karıştırma hızında, 89,75 dakikalık süre altında elde edilen en yüksek verim değeri % 68,9470 olarak bulunmuştur. Klinoptilolit adsorbenti ile gerçekleştirilen orafti-früktoz çözeltisinde ise, 30°C’de 400 dev/dak karıştırma hızında, 30 dakikalık süre altında elde edilen en yüksek verim değeri % 53,6192 olarak bulunmuştur.

Zeolit Y ile adsorbenti ile gerçekleştirilen orafti-sükroz çözeltisinde 41,63°C’de 334,77 dev/dak karıştırma hızında, 55.58 dakikalık süre altında elde edilen en yüksek verim değeri % 20,9942 olarak bulunmuştur. Klinoptilolit adsorbenti ile gerçekleştirilen orafti-sükroz çözeltisinde 30,15°C’de 223,21 dev/dak karıştırma hızında, 84,15 dakikalık süre altında elde edilen en yüksek verim değeri % 49,9539 olarak bulunmuştur.

Literatürdeki çalışmalarda frükto-oligosakkarit bileşenlerinin saflaştırılması HPLC ile gerçekleştirilmektedir. Bu yöntem hızlı ve kesin sonuçlar üretmesine rağmen, cihaz ve kolonun maliyet ve işletimi pahalı ve zordur. Frükto-oligosakkaritlerin analizlerinde HPLC yöntemine alternatif olarak zeolitlerce adsorpsiyon yöntemi öngörülmesi, zeolitlerle çalışma uzman kişiler gerektirmediği ve düşük maliyetli olduğu için hem literatüre hem de endüstriye büyük yarar sağlayabilecektir. Bu çalışmada gerçekleştirilen adsorpsiyonla frükto-oligosakkaritlerin ayrıştırılabilmesi literatürde gerçekleştirilmiş ilk çalışmadır.

6. KAYNAKLAR

- Akdeniz, Y., 1999. Cation Exchange in Zeolites, Structure Modification by Using a Microwave. İzmir Teknoloji Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 92, İzmir.
- Alaşalvar, C., Pelvan, E., 2009. Günümüzün ve Geleceğin Gıdaları Fonksiyonel Gıdalar. Bilim ve Teknik (Ağustos), 26-29.
- Allais, J.J., Lopez, G.H., Kammoun, S., Baratti, J.C., 1987. Isolation and characterization of thermophilic bacterial strains with inulinase activity. Applied and Environmental Microbiology, 53 (5), 942-945
- Alp, G., Aslım, B., 2009. İnsan Bağırsak Sisteminde Probiyotik Olarak Bifidobakterilerin Önemi. Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 10 (2), 343-354.
- Alp, E., 2005. Aromatik Bileşiklerin Zeolit Katalizörler Üzerinde Transalkilasyonu ve Disproporsiyonu. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 155, Ankara.
- Alpan, M.A., 2007. Sentetik Zeolitlerin Temel Manyetik ve Elektrik Özelliklerinin Belirlenmesi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 81, Bornova-İzmir.
- Aşan, M., Özcan, N., 2006. Kanatlı Beslemede İnulinin Prebiyotik Olarak Önemi. Hayvan Üretimi, 47 (2), 48-53.
- Ayan, S., 2001. Bitki Yetiştirme Ortamı Olarak Zeolitin Kullanılabilirliği. Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Doa Dergisi (Journal Of Doa), 7, 97 - 111 .
- Aybal, N.Ö., 2001. Klinoptilolitin Gökkuşuğu Alabalığı (Oncorhynchus Mykiss) Yemlerinde Yem Katkı Maddesi Olarak Kullanımı. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 56, Isparta.
- Başer, K.H.C., 2002. Fonksiyonel Gıdalar ve Nutrasetikler. 14. Bitkisel İlaç Hammaddeleri Toplantısı, Bildiriler, 29-31 Mayıs.
- Başığit, G., 2004. Bazı Laktik Asit Bakterilerinin Probiyotik Olarak Kullanılma Özellikleri. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 96, Isparta.
- Berg, R.D., Probiotics, 1998. Prebiotics or Conbiotics?. Trends Microbiology, 6 (3) 89-92.
- Berrada, N., Lemenand, J., Laroche, G., Thouvenot, P., Piaia, M., 1990. Bifidobacterium from Fermented Milks: Survival During Gastric Transit. Journal of Dairy Science, 74 (2), 409-413.
- Brighenti, F.B., Casiraghi, M.C., Canzi, E., Ferrari, A., 1999. Effect of Consumption of A Ready-To-Eat Breakfast Cereal Containing Inulin on the Intestinal Milieu and Bloodlipids in Healthy Male Volunteers. European Journal of Clinical Nutrition, 53 (9), 726-733.

- Bhatia, S., 1990. Zeolite Catalysis: Principles and Applications,. CRC Press, Inc., Boca Raton, 291, Florida.
- Byun, S.M., Nahm, B.H., 1978. Production of fructose from Jerusalem artichoke by enzymatic hydrolysis. *Journal of Food Science*, 43 (6), 1871-1873.
- Chen, W.J.L., Anderson, J.W., Jennings, D., 1984. Propionate May Mediate the Hypocholesterolemic Effects of Certain Soluble Plan Fiber in Cholesterol-Fed Rats. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 175, 215-218.
- Cho, Y.J., Sinha, J., Park, J.P., Yun, J.W., 2001. Production of inulo-oligosaccharides from inulin by a dual endoinulinase system. *Enzyme and Microbial Technology*, 29, 428-433.
- Collins, M.D., Gibson, G.R., 1999. Probiotics, prebiotics, and synbiotics: approaches for modulating the microbial ecology of the gut. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 69, 1052-1057.
- Coşkun, T., 2005. Fonksiyonel Besinlerin Sağlığımız Üzerine Etkileri, *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi*, 48, 69-84.
- Coşkun, T., 2006. Pro-, pre- ve sinbiyotikler. *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi*, 49, 128-148.
- Cherbut, C., 2002. Inulin and oligofructose in the dietary fibre concept. *British Journal of Nutrition*, 87 (2), 159-162.
- Cummings, J.H., MacFarlane, G.T., 2002. Gastrointestinal effects of prebiotics. *British Journal of Nutrition*, 87 (2), 145-151.
- Cummings, J.H., Pomare, E.W., Branch, W.J., Naylor, C.P.E., MacFarlane, G.T., 1987. Short chain fatty acids in the human large intestine, portal, hepatic and venous blood. *Gut*, 28, 1221-1227.
- Çakır, İ., Çakmakçı, L., 2004. Probiyotikler: tanımı, etki mekanizması, seçim ve güvenilirlik kriterleri. *Gıda*, 29 (6), 427-434.
- Çetinel, G., Esenli, F. ve Baş, H., 1996. Diğer Endüstri Mineralleri 1, Yeni 5 yıllık Kalkınma Planı Özel İhtisas Komisyon Raporu, D.P.T. Raporu, No:2421, Ankara.
- Danabaş, D., 2009. Farklı Oranlardaki Zeolit (Klinoptilolit)'in Bazı Su Parametreleri ile Gökkuşığı Alabalığı (*Oncorhynchus Mykiss Walbaum, 1792*)' nın Gelişimi ve Vücut Kompozisyonuna Etkileri. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 82, Adana.
- Davidson, M.H., Maki, K.C., Synecki, C., Torri, S.A., Drennab, K.B., 1998. Effects of Dietary Inulin on Serum Lipids in Men and Women with Hypercholesterolemia. *Nutrition Research*, 18 (3), 503-517.
- Dayısoylu, K.S., 2008. Fonksiyonel Gıda Güvenliği. Türkiye 10. Gıda Kongresi (21-23 Mayıs Erzurum), 149-152.
- De Leenheer, L., Hoebregs, H., 1994. Progress in the elucidation of the composition of chicory inulin. *Starch*, 46, 193-196.

- Demirel, D.Ş., Demirel, R., Doran, İ., 2010. Doğal Zeolitlerin Hayvancılıkta Kullanım Olanakları. Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 14 (2), 13-20.
- Delzenne, N., Roberfroid, M.B. 1994. Physiological Effects Of Non-Digestible Oligosaccharides. Lebensmittel-Wissenschaft und- Technologie, 27 (1), 1–6.
- Diez, M., Homick, J.L., Baldwin, P.M., Van Eenaeme, C., Istasse, L., 1998. The Influence of Sugar Beet Fiber, Guar Gum and Inulin on Nutrient Digestibility, Water Consumption and Plasma Metabolites in Healthy Beagle Dogs. Research in Veterinary Science, 64, 91-96.
- Dikmen, Z., 2008. Magnetik Olarak Modifiye Edilen Zeolitlerin Hazırlanması ve Bazı Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi. Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 168, Eskişehir.
- Edelman, J., Jefford, T.G., 1964. The metabolism of fructose polymers in plants. 4. β -fructofuranosidases of tubers of *Helianthus tuberosus* L. Biochemical Journal, 93, 148-161.
- Elrayeh, A.S., 2006. Broiler Rasyonlarında Kullanılan İnulin ve β -Glukan'ın Besi Performansı, Serum Kolesterol Düzeyi, Bağırsak Uzunluğu ve İmmun Sistem Üzerine Etkileri. Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 66. Ankara.
- Faghıhian, H., Granadi, M., Kazemian, H., 1999. The Use Of Clinoptilolite And Its Sodium Form For Removal Of Radioactive Cesium And Strontium From Nuclear Wastewater. Applied Radiation and Isotopes, 50, 655-660.
- Farr, D.R., 1997. Functional Foods. Cancer Letters; 114, 59-63.
- Franck, A., 2002. Technological functionality of inulin and oligofructose. British journal of Nutrition, 87(2), 287-291.
- Franck, A., De Leenheer, L. 2005. Inulin. Biopolymers Online. Tienen, Belgium, 448. Belgium.
- Fuller, R., 1989. Probiotics in Man And Animals. Journal Of Applied Bacteriology, 66, 365–378.
- Fuller, R., 1991. Probiotics in human medicine. Gut, 32, 439-442.
- Genç, B., 2007. Hindi rasyonlarında kullanılan inulin ve β -glukan'ın besi performansı, serum kolesterol düzeyi, bağırsak uzunluğu ve immün sistem üzerine etkileri. Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 77, Ankara.
- Gern, R.M.M., Furlan, S.A., Ninow, J.L., Jonas, R., 2001. Screening for microorganisms that produce only endo-inulinase. Applied Microbiology and Biotechnology, 55 (5), 632- 635.
- Gibson, G.R., 2004. Prebiotics. Best Pract Res Clin Gastroenterol, 18, 287-298.
- Gibson, G.R., Roberfroid, M.B., 1995. Dietary modulation of the human colonic microbiota: Introduction the concept of prebiotics. Journal of Nutrition, 125, 1401–1412.

- Gibson, G.R., Roberfroid, M.B., 2008. Handbook of Prebiotics. Crc Pres Taylor & Francis Group, Boca Raton, 504.
- Gionchetti, P., Rizzello, F., Campieri, M., 2001. Probiotics and Antibiotics in Inflammatory Bowel Disease. *Curr Opin Gastroenterol*, 17, 331-335.
- Gismondo, M.R., Drago, L., 1999. Review of probiotics available to modify gastrointestinal flora. *International Journal of Antimicrobiol Agents*, 12, 287-292.
- Godshall, MA., 2007. Future directions for the sugar industry. <http://www.spriinc.org/buton10bftpp.html>. Cited Dec 07 2007.
- Gültekin, M., 2001. Probiyotikler. *Anknem Dergisi*, 15 (3), 625-629.
- Gürsoy, O., Kınık, Ö., Gönen, İ., 2005. Probiyotikler ve Gastrointestinal Sağlığa Etkileri. *Türk Mikrobiyoloji Cemiyeti Dergisi*, 35, 136-148.
- Güven, A., Gülmez, M., 2002. Probiyotik, Prebiyotik ve Sinbiyotikler. *Kafkas Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, 8 (1), 83-89.
- Güven, A., Gülmez, M., 2006. Fonksiyonel Gıdalar ve Sağlıkla İlişkisi. *Kafkas Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, 12 (1), 91-96.
- Hammaddeler, 2011. Lifler: İnulin. <http://www.hammaddeler.com>. Erişim tarihi: 12.05.2011.
- Hasler, C.M., 2002. Functional Foods: Benefits, Concerns and Challenges – A position Paper from the American Council on Science and Health. *The Journal of Nutrition*, 132, 3772- 3781.
- Hold, G.L., Schwietz, A., Aminov, R.I., Blaut, M., Flint, H.J., 2003. Oligonucleotide Probes Quantitatively Significant Groups of Butyrate-Producing Bacteria in Human Feces. *Applied and Environmental Microbiology*, 69, 4320-4324
- <http://www.kkgm.gov.tr/kanun/5179.html>. Erişim tarihi: 10.05.2011.
- <http://www.personal.utulsa.edu/~geoffrey-price/zeolite/fau.htm>. Erişim tarihi: 10.05.2011
- Innvista, 2011. Synbiotics. <http://www.innvista.com/health/nutrition/biotics/synbiot.htm>. Erişim tarihi: 12.05.2011.
- Itsaranuwat, P., Khawla, SH., Al- Haddad & Robinson R.K., 2003. The Potential Therapeutic Benefits of Consuming ‘health-promoting’ Fermented Dairy Products: a brief update. *Society of Dairy Technology*, 56 (4). 203-210.
- Kaduk, J.A., Faber, J., 1995. Crystal Structure of Zeolite Y as A Function of Ion Exchange. *The Rıgaku Journal*, 12 (2), 14-34.
- Karademir, G., 2003. Broilerde Kefirin Probiyotik Amaçla Kullanılması. *Kafkas Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 40, Kars.
- Karahan, Z.C., Güvener, E., 1999. Probiotics. *Journal of Infections Diseases and Clinical Microbiology*, 4 (3), 156-162.

- Kasabalı, K., 2007. Gıda Desteği Olarak Kullanılan Ürünler Üzerine Araştırmalar (Düzenlemeler, Uygulamalar ve İnternet Üzerinden Pazarlanan Ürünler). Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 265, Ankara.
- Keser, O., Bilal, T., 2010. İnülinin Kanatlı Beslemede Kullanılması. Kafkas Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi, 16 (4), 685-695.
- Kızıl, M., A, P., 2009. Oligosakkaritler ve Olası Sağlık Etkileşimi. http://www.bdb.hacettepe.edu.tr/asistan_egitim_2009/8.pdf. Erişim tarihi: 12.05.2011.
- Kim, D.H., Choi, Y.J., Song, S.K., Yun J.W., 1997. Production of inulo-oligosaccharides using endo-inulinase from a Pseudomonas sp. Biotechnology Letters, 19 (4), 369-371.
- Kimyaevi. Org., 2011. Fonksiyonel Gıdalar. <http://www.kimyaevi.org>. Erişim tarihi: 15.05.2011.
- Koç, B., Kaymak-Ertekin, F., 2009. Yanıt Yüzey Yöntemi ve Gıda İşleme Uygulamaları. Gıda, 20 (3), 1-8.
- Konar, N., 2008. Domates Karatonoidlerinden Likopenin Doğal Renklendirici ve Antioksidan Olarak Fonksiyonel Gıda Üretiminde Kullanımı. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 74, Ankara.
- Kwak N.S., Jukes, D.J., 2001. Fuctional foods. Part 1: The development of a regulatory concept. Food Control ,12 (2), 99-107.
- Le Blay, G., Michel, C., Blottiere, H.M., Cherbut, C., 1999. Prolonged Intake of Fructo-Oligosaccharides Induces A Short-Term Elevation of Lactic Acid-Producing Bacteria and A Persistent Increase in Cecal Butyrate in Rats. Journal of Nutrition, 129 (12), 2231-2235.
- Lee, Y.K., Nomoto, K., Salminen, S., Gorbach, S.L., 1999. Handbook of Probiotics and Prebiotics. New York, A Willey-Interscience Publication, 20001409215, 211. Canada.
- Lewis, D.H., 1993. Nomenclature and diagrammic representation of oligomeric fructans- a paper for discussion. New Phytol. 124:583-594.
- Loo, J.V., Coussement, P., Leenheer, L.D., Hoebregs, H., Smits, G., 1995. On The Presence of İnulin and Oligofructose as Natural Ingredients in the Western Diet. Critical Reviews Food Science and Nutrition, 35 (6), 525-552.
- Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Genel Endüstri Mineralleri II (Mika-Zeolit-Lületaşı) Çalışma Grubu Raporu, 2001. D.P.T. Raporu, No: 2919, 75, Ankara.
- Matsumoto, K., Yamazaki, H., 1986. Production of fructose syrups. US Patent 4, 613, 377.
- Myers, R.H., Montgomery, D.C., 1995. Response Surface Methodology, Process and Product Optimization Using Designed Experiments New York, John Wiley and Sons, 2nd Ed, Chapter 7, Ny.

- Meehye, K., 2002. The Water-Soluble Extract Of Chicory Affects Rat Intestinal Morphology Similarly to Other Non-Starch Poly-Saccharides. *Nutr Res*, 22, 11, 1299-1307.
- Meier, W.M., 1968. Zeolite Structures, Molecular Sieves, Society Of Chemical Industry, 10-27.
- Milner, J.A., 1999. Functional foods and health promotion. *The Journal of Nutrition*, 129, 1395-1397.
- Molis, CH., Flourie, B., Quarne, F., Gailling, MF., Lartigue, S., 1996. Digestion, excretion and energy value of FOSs in healthy humans. I. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 64, 324-328.
- Moshfegh A., Friday J., Goldman J., Ahuja J., 1999. Presence of inulin and oligofructose in the diets of americans. *Journal Nutrition*, 53, 339-350.
- Mumpton, F. A., 1999. La Roca Magica: Uses Of Natural Zeolites in Agriculture and Industry. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 96 (7), 3463-3470.
- Nzeusseu, A., Dienst, D., Houfroid, V., Depressux, G., Jean-Pierre Devagelaer, Manicourt, D.H., 2006. Inulin & FOS differ in their ability to enhance the density of cancellous & cortical bone in the axial & peripheral skeleton of growing rats. *Bone* 38, 394-399.
- Niness, K.R., 1999. Inulin and oligofructose: what are they?. *American Society for Nutritional Sciences*, 129, 1402-1406.
- Olgun, U., 2004. Zeolit Filmlerin Oluşumu ve Özellikleri. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, 137, Sakarya.
- Öter, Ö., 2002. Zeolitin Asit- Baz Modifikasyonu ve Modifiye Zeolitin Çevre Koruma Uygulamaları. *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 109, İzmir.
- Özkırım, İ., Yörükoğulları, E., 2005. Manisa-Gördes Doğal Zeolitin (Klinoptilolit) Bet İzoterm Karakteristikleri. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9, 65-70.
- Özusağlam, M.A., 2009. İnulinaz Enziminin Önemi. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 10 (2), 327-334.
- Pandey, A., Soccol, C.R., Selvakumar, P., Soccol, V.T., Krieger, N., Fontana, J.D., 1999. Recent developments in microbial inulinases: its production, properties and industrial applications. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 81, 35-52.
- Polat, E., Demir, H., Onus, A.N., 2005. Farklı Zeolit Düzeylerinin Marul (*Lactuca Sativa* Var. *Longifolia*) Yetiştiriciliğinde Verim ve Kalite Üzerine Etkisi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18 (1), 95-99.
- Reháková, M., Čuvanová, S., Dzivák, M., Rimár, J., Gaval'ová, Z., 2004. Agricultural and Agrochemical Uses of Natural Zeolite of The Clinoptilolite Type. *Current Opinion in Solid State and Materials Science*, 8, 397-404.

- Roberfroid, M.B., 1995. A functional food: chicory fructo-oligosaccharides, a colonic food with prebiotic activity. *World Inged*, Mar- April, 42-44.
- Roberfroid, M.B., 1996. Functional Effects of Food Components and the Gastrointestinal System: Chicory Fructooligosaccharides. *Nutrition Reviews*, 54 (11), 38-42.
- Roberfroid, M.B., 1998. Prebiotics and synbiotics: concepts and nutritional properties. *British Journal of Nutrition*, 80 (2), 197-202.
- Roberfroid, M.B., Delzenne, N.M., 1998. Dietary Fructans. *Annual Review of Nutrition*, 18, 117-143.
- Roberfroid, M.B., 2000. Concepts and strategy of functional food science: the European perspective. *American Society for Clinical Nutrition*, 71, 1660-1664.
- Roberfroid, M.B., Slavin, J., 2000. Nondigestible Oligosaccharides. *Critical Reviews in Food Science Nutrition*, 40 (6), 461-480.
- Roberfroid, M.B., 2005. Introducing inulin-type fructans. *British Journal of Nutrition*, 93, 13-25.
- Sağdıç, O., Küçüköner, E., Özçelik, S., 2004. Probiyotik ve Prebiyotiklerin Fonksiyonel Özellikleri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35 (3-4), 221-228.
- Salminen, S., Ouwehand, A., Benno, Y., Lee, K., 1999. Probiotics: How should they be defined? *Trends in Food Science and Technology*, 10, 107-110.
- Salminen, S., Ouwehand, A.C., Isolauri, E., (2002). Probiotics: An Overview Of Beneficial Effects. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 82, 279-289.
- Sarıkaya, Y., 1997. *Fizikokimya*. Gazi Büro Kitabevi, 596, Ankara.
- Sarıoğlu, M., 2005. Removal Of Ammonium From Municipal Wastewater Using Natural Turkish (Doğantepe) Zeolite. *Separation And Purification Technology*, 41, 1-11.
- Sawyer, C. N., McCarty P.L., 1978. *Chemistry For Environmental Engineering*, 3rd Ed, McGraw Hill Inc, 519, Singapore.
- Schrezenmeir, J., Vrese, M., 2001. Probiotics, prebiotics, and synbiotics—approaching a definition. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 73 (2), 361-364.
- Scholz-Ahrens, K.E., Schrezenmeir, J., 2002. Inulin, Oligofructose and Mineral
- Scholz-Ahrens, K.E., Schrezenmeir, J., 2002. Inulin, Oligofructose and Mineral Metabolism-Experimental Data and Mechanism. *British Journal of Nutrition*, 87 (2), 179-186.
- Sevilmiş, G., 2008. Bazı Fonksiyonel Gıdalarda Tüketici Kararları Ve Bunları Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 107, Bornova-İzmir.

- Siro, I., Kaolna, E., Kapolna, B., Iugasi, A., 2008. Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance-a review. *Appetite*, 51 (3), 456-467.
- Tamer, N.H., 2006. Synthesis And Characterization of Zeolite Beta. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 80, Ankara.
- Tannock, G.W., 1999. Probiotics: A Critical Reviews. *Horizon Specific Science: UK*, 161.
- Tepe, Y., Dinler, Z. M., Türkmen, M., 2005. Zeolit ve Yetiştiricilikte Kullanımı. *Sucul Yaşam Dergisi*, 5, 47-51.
- Tok, E., Aslım, B., 2007. Probiyotik Olarak Kullanılan Bazı Laktik Asit Bakterilerinin Kolesterol Asimilasyonu ve Safra Tuzları Dekonjugasyonundaki Rollerini. *Türk Mikrobiyoloji Cemiyeti Dergisi*, 37 (1), 62-68.
- Tomasik, P.J., 2003. Probiotics and Prebiotics. *Cereal Chemistry*, 80 (2), 113-117.
- Tonguç, İ.E., 2006. Probiyotik Ayran Üretimi Üzerine Bir Araştırma. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 153, Bornova-İzmir.
- Toprak Kavas, S., 2007. Probiyotik Mikroorganizmaların Gastrointestinal Sistem Uyumluluğu ve Enterik Patojenlere Etkisi. Pamukkale Üniversitesi Tıp Fakültesi İnfeksiyon Hastalıkları ve Klinik Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Uzmanlık Tezi, 66, Denizli.
- Trautwein, E.A., Rieckhoff, A.D., Erbersdobler, H.F., 1998. Diteray İnulin Lowers Plasma Cholesterol and Triacylglycerol and Alters Biliary Bile Acid Profile in Hamsters. *Journal of Nutrition*, 128 (11), 1937-1943.
- Tungland, B.C., Meyer, D., 2002. Non-digestible oligo- and polysaccharides (dietary fiber): Their physiology & Role in human health and Food. *Comprehensive Reviews in Food Science & Food safety*, 3, 90-109.
- Uğurlu, A., Pınar, A., 2004. Doğal Zeolitlerin Atık su Arıtımında Kullanımı. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi* 28 (2), 13-20.
- Vandamme, E.J., Derycke, D.G., 1983. Microbial inulinases: Fermentation process, properties and applications. *Advances in Applied Microbiology*, 29, 139-176.
- Van Loo, J., Coussemant, P., De Leenheer, L., 1995. On The Presence Of İnulin And Oligofructose As Natural Ingredients In The Western Diet. *Critical Reviews in Food Science Nutrition*, 35, 525-552.
- Van Loo, J., 2007. İnulin and Oligofructose: Health Benefits and Claims-A Critical Review: How Chicory Fructans Contribute to Zootechnical Performance and Well-Being in Livestock and Companion Animals. *Journal of Nutrition*, 137, 2594-2597.
- Vedrine, J.C., 1992. General Overview Of The Characterization Of Zeolites, Zeolite Microporous Solids: Synthesis, Structure and Reactivity, E.G. Derouane Et Al. (Eds.), Kluwer Academic Pub, Netherlands, 107-131.

- Vural, T., Çelen, Ebru., 2005. Gastrointestinal Sistemle Dost Mikroorganizmalar ve Probiyotikler. *Antalya Güncel Gastroenteroloji*, 9 (3), 115-120.
- Waterhouse, A.L., Chartterton, N.J., 1993. Glossary of fructan terms. In: Suzuki, M., Chatterton, N.J. (editors). *Science and Technology of Fructans*, Boca Raton, FL, CRC Pres, pp 1-8.
- Wikipedia the Free Ansiklopedia, 2011. <http://tr.wikipedia.org/wiki/Sinbiyotik>. Erişim tarihi: 12.05.2011.
- Yörükoğulları, E., 1997. Doğal Zeolitlerde Fiziksel Adsorpsiyon Uygulamaları. *Anadolu Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları*, 1-58.
- Yücesan, S., 2002. Probiyotikler ve Sağlık Üzerine Etkileri. *Türk Diyetisyenler Derneği Bülteni*, 2, 1-13.
- Yıldız, S., 2011. The Metabolism of Fructooligosaccharides and Fructooligosaccharide-Related Compounds in Plants. *Food Reviews International*, 27 (1) January, 16-50 (35).
- Yılmaz, M., 2004. Prebiyotik ve Probiyotikler. *Güncel Pediatri*, 2, 142-145.
- Zentek, J., Marquart, B., Pietrzak, T., Balleve, O., Rochat, F., 2003. Dietary Effects on Bifidobacteria and Clostridium Perfringens in the Canine Intestinal Tract. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 87 (11-12), 397-407.
- Zorpas, A., Inglezakıs, V. J., Loızidou, M., 2008. Heavy Metals Franctionation Before, During and after Composting of Sewage Sludge with Natural Zeolite. *Waste Management*, 28, 2054-2060.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Neşe DUMAN

Doğum Yeri ve Yılı: Eleşkirt, 1985

Medeni Hali: Bekâr

Yabancı Dili: İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise: Neşet Yalçın Lisesi 2004

Lisans: Süleyman Demirel Üniversitesi Fen- Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü
(2009)

Yüksek Lisans: Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya
Anabilimdalı (2009-2011)

Lisans Dönemi Staj: TÜBİTAK MAM (Marmara Araştırma Merkezi), Enerji
Enstitüsü, 2009

Yayımları (SCI ve diğer makaleler)

1- 24. Ulusal Kimya Kongresi (Zonguldak-2010)

