

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ORGANİK ASİT VE ŞEKER MODEL ORTAMINDA
FARKLI GAMLARIN SİNERJİK ETKİLERİNİN
REOLOJİK YÖNDEN İNCELENMESİ**

**Hazırlayan
Aylin ÖZGÜR**

**Danışman
Doç. Dr. Mahmut DOĞAN**

Yüksek Lisans Tezi

**Temmuz 2013
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ORGANİK ASİT VE ŞEKER MODEL ORTAMINDA
FARKLI GAMLARIN SİNERJİK ETKİLERİNİN
REOLOJİK YÖNDEN İNCELENMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

**Hazırlayan
Aylin ÖZGÜR**

**Danışman
Doç. Dr. Mahmut DOĞAN**

**Bu çalışma; Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi
tarafından FYL-2013-4389 kodlu proje ile desteklenmiştir.**

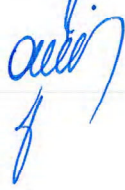
**Temmuz 2013
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

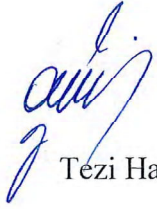
Adı-Soyadı: Aylin ÖZGÜR

İmza :



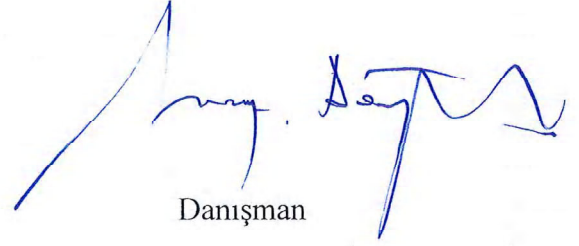
YÖNERGEYE UYGUNLUK

Organik asit ve şeker model ortamında farklı gamların sinerjik etkilerinin reolojik yönden incelenmesi adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi'ne uygun olarak hazırlanmıştır.



Tezi Hazırlayan

Aylin ÖZGÜR



Danışman

Doç. Dr. Mahmut DOĞAN



Gıda Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Mehmet HAYTA

Doç. Dr. Mahmut DOĞAN danışmanlığında Aylin ÖZGÜR tarafından hazırlanan “Organik asit ve şeker model ortamında farklı gamların sinerjik etkilerinin reolojik yönden incelenmesi” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

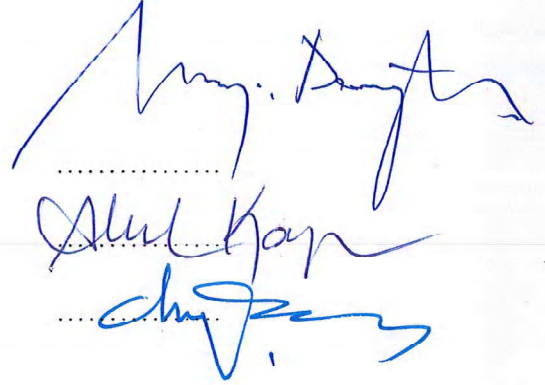
08 / 07 / 2013

JÜRİ:

Danışman : Doç. Dr. Mahmut DOĞAN

Üye : Prof. Dr. Ahmed KAYACIER

Üye : Doç. Dr. Hasan YALÇIN



ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 16/07/2013 tarih ve 2013/31-21 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

16 / 07 / 2013

Prof. Dr. Kasım KEŞLIOĞLU
Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Tezimin oluşumunda, yönetiminde ve aynı zamanda çalışmalarım sırasında karşılaştığım sorunların çözümünde her türlü desteği ve imkânı sağlayan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Mahmut DOĞAN'a,

Bilgi ve önerileriyle yol gösteren değerli bölüm başkanım Sayın Prof. Dr. Mehmet HAYTA'ya,

Tezimin her aşamasında yardımlarını esirgemeyen ve kendisinden çok şey öğrendiğim Arş. Gör. Safa KARAMAN'a,

Bu tez için FYL-2013-4389 koduyla maddi destek sağlayan Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne ve ayrıca Kayseri'de faaliyet göstermekte olan Gülsan Gıda San. ve Tic. A.Ş'ne ve Bayrak Gıda San. ve Tic. A.Ş'ne,

Tüm hayatım boyunca maddi ve manevi her türlü desteklerini esirgemeyen annem Hatice ÖZGÜR, babam Mehmet ÖZGÜR ve kardeşim Alper ÖZGÜR'e

sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Aylin ÖZGÜR

Kayseri, Temmuz 2013

ORGANİK ASİT VE ŞEKER MODEL ORTAMINDA FARKLI GAMLARIN SİNERJİK ETKİLERİNİN REOLOJİK YÖNDEN İNCELENMESİ

Aylin ÖZGÜR

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi, Temmuz 2013

Danışman: Doç. Dr. Mahmut DOĞAN

ÖZET

Organik asitler ve hidrokolloidler gıda endüstrisinde birçok üründe birlikte kullanılmaktadır. Bu çalışmada özellikle yapı geliştirici olarak gıda endüstrisinde sıklıkla kullanılan ksantan gam, pektin ve karboksimetil selülozun (CMC), sitrik asit, tartarik asit ve şeker ortamlarında sinerjik etkileri reolojik yönden belirlenmiştir. Reolojik çalışmalar 25°C’de steady ve dinamik reolojik özellikleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Örneklerin kıvam katsayıları, akış davranış indeksleri, görünür viskozite değerleri, depo modülü, kayıp modülü, kompleks modül, kompleks viskozite ve tanjant delta sonuçları belirlenmiştir. Ayrıca örneklerin fizikokimyasal özellikleri (pH, su aktivitesi, briks, titrasyon asitliği, bulanıklık) belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar merkezi karışım dizaynı ile optimize edilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda sitrik asit-şeker ve tartarik asit-şeker ortamlarında en iyi kıvam katsayısını CMC gamı göstermiştir. Daha sonra bunu ksantan gam izlemiştir. Bu sonuçlar göz önüne alındığında, şeker asit model ortamlarında, pektin yerine CMC veya ksantan gam ya da bunların ikili kombinasyonları kullanılarak, daha iyi jel yapı ve daha uygun reçete maliyetleri elde edilebilir.

Anahtar Kelimeler: Organik asit, hidrokolloid, reoloji, merkezi karışım dizaynı

**INVESTIGATION OF RHEOLOGICAL ASPECTS OF SYNERGISTIC
EFFECT OF DIFFERENT HYDROCOLLOIDS IN ORGANIC ACID AND
SUGAR MODEL SYSTEM**

Aylin ÖZGÜR

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

M.Sc. Thesis, July 2013

Supervisor: Assoc. Prof. Mahmut DOĞAN

ABSTRACT

Organic acids and hydrocolloids are used together in many products of food industry. In this study, the synergistic effects of the xanthan gum, pectin and carboxymethyl cellulose (CMC) that commonly used in food industry as a developer structure in citric, tartaric acid and sugar systems in foods were investigated to rheological aspects. Rheological studies were carried out at 25 °C on steady and dynamic rheological properties. Consistency coefficients, flow behavior indexes, the apparent viscosity values, storage, loss, complex modulus, complex viscosity and tangent delta of samples were determined. Also physicochemical properties (pH, water activity, solid content, titratable acidity, turbidity) of the samples were determined. The results obtained in study were optimized with simplex mixture design mathematical method. In result, CMC gum showed the best consistency index in citric acid-sugar and tartaric acid sugar systems then xhantan gum was followed to CMC. When it was considered to these results, we can say that CMC may be used instead of pectin in sugar and acid model gel systems or xhantan gum, additionally CMC and xhantan gum combinations may be used to obtain the best gel structure and cheaper food formulations.

Keywords: Organic acid, hydrocolloid, rheology, mixture design

İÇİNDEKİLER

ORGANİK ASİT VE ŞEKER MODEL ORTAMINDA FARKLI GAMLARIN SİNERJİK ETKİLERİNİN REOLOJİK YÖNDEN İNCELENMESİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK.....	i
YÖNERGEYE UYGUNLUK.....	ii
ONAY	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
KISA ÖZET	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
KISALTMALAR VE SİMGELER	x
TABLolar LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xvii
GİRİŞ	1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

1.1. Gamlar.....	3
1.1.1. Ksantan Gam	4
1.1.2. Pektin.....	6
1.1.3. Karboksümetil Selüloz.....	8
1.2. Organik Asitler	9
1.2.1. Sitrik Asit	9
1.2.2. Tartarik Asit	11
1.3. Reoloji.....	12

2. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal	18
2.2. Yöntem	18
2.2.1. Gamlarda Yapılan Analizler	18
2.2.1.1. Nem Tayini.....	18
2.2.1.2. pH Tayini	18
2.2.1.3. Su Tutma Kapasitesi Analizi.....	19
2.2.1.4. Yağ Tutma Kapasitesi Analizi.....	19
2.2.2. Model Oluştururken Örneklerin Hazırlanması.....	20
2.2.3. Örneklerde Yapılan Analizler	21
2.2.3.1. Fizikokimyasal Analizler	21
2.2.3.1.1. pH Tayini.....	21
2.2.3.1.2. Titrasyon Asitliği Tayini	21
2.2.3.1.3. Bulanıklık Tayini.....	22
2.2.3.1.4. Su Aktivitesi Tayini.....	22
2.2.3.1.5. Suda Çözünür Kuru Madde Tayini (% Briks	
Değeri)	22
2.2.3.2. Reolojik Analizler	22
2.2.3.2.1. Yatışkın Hal (Steady State) Reolojik Özelliklerin	
Belirlenmesi.....	22
2.2.3.2.2. Dinamik Titreşimli Kayma (Dynamic Shear) Akış	
Davranış Özelliklerinin Belirlenmesi	23
2.2.3.2.2.1. Basınç Süpürmesi (Stress Sweep) Testi	23
2.2.3.2.2.2. Frekans Süpürmesi (Frequency Sweep)	
Testi.....	23
2.2.3.3. İstatistiksel Analizler	23

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Gamlarda Yapılan Analizler	25
3.2. Örneklerde Yapılan Analizler	26
3.2.1. Fizikokimyasal Analizler	26

3.2.1.1. pH Tayini	26
3.2.1.2. Titrasyon Asitliği Tayini.....	30
3.2.1.3. Bulanıklık Tayini	34
3.2.1.4. Su Aktivitesi Tayini	38
3.2.1.5. Suda Çözünür Kuru Madde (%Briks) Tayini.....	43
3.3. Reolojik Analizler	47
3.3.1. Yatışkan Hal (Steady State) Reolojik Özellikler.....	47
3.3.1.1. Kıvam Katsayısı (K)	49
3.3.1.2. Akış Davranış İndeksi (n).....	54
3.3.1.3. Görünür Viskozite (η_{50}).....	58
3.3.2. Dinamik Titreşimli Kayma (Dynamic Shear) Akış Davranış Özellikleri.....	62
3.3.2.1. Basınç Süpürmesi (Stress Sweep) Testi.....	62
3.3.2.2. Frekans Süpürmesi (Frequency Sweep) Testi	65
3.3.2.2.1. Depo Modülü (G')	68
3.3.2.2.2. Kayıp Modülü (G'')	73
3.3.2.2.3. Kompleks Modül (G^*).....	77
3.3.2.2.4. Kompleks Viskozite (η^*)	81
3.3.2.2.5. Tanjant Delta ($\tan\delta$).....	85

4. BÖLÜM

TARTIŞMA – SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. Tartışma-Sonuç.....	90
4.2. Öneriler	93
KAYNAKLAR.....	94
EKLER.....	100
ÖZGEÇMİŞ.....	113

KISALTMALAR VE SİMGELER

<u>Sembol</u>	<u>Anlamı</u>	<u>Birimi</u>
σ	kesme stresi	(Pa)
σ_Y	başlangıç stresi	(Pa)
γ	kesme hızı	(s ⁻¹)
K	kıvam katsayısı	(Pa.s ⁿ)
n	akış davranış indeksi	
η_{50}	görünür viskozite 50 s ⁻¹	(Pa.s)
G'	depo modülü	(Pa)
G''	kayıp modülü	(Pa)
G*	kompleks modül	(Pa)
η^*	kompleks viskozite	(Pa.s)
tan δ	tanjant delta (G''/G')	
°	derece	
°C	santrigrat derece	
g	gram	
ml	mililitre	
mm	milimetre	
dk	dakika	
s	saniye	
rpm	dakikadaki devir sayısı	
Pa	Pascal	
N	Normalite	
Hz	hertz	
CMC	karboksimetil selüloz	
NaOH	sodyum hidroksit	
NaCl	sodyum klorür	
KCl	potasyum klorür	
MgCl ₂	magnezyum klorür	
CaCl ₂	kalsiyum klorür	

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Suda çözünebilen gam tipleri ve kaynakları.....	4
Tablo 1.2. Sitrik asidin kullanım alanları ve kullanım amaçları	10
Tablo 2.1. Çalışma kapsamında kullanılan merkezi karmaşık tasarım için değerler	20
Tablo 3.1. Gamların pH, nem, su tutma kapasitesi, yağ tutma kapasitesi değerleri.....	25
Tablo 3.2. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin pH değerlerine ait ANOVA tablosu.....	26
Tablo 3.3. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin pH değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu	28
Tablo 3.4. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin pH değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu	28
Tablo 3.5. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin pH değerlerine ait ANOVA tablosu.....	29
Tablo 3.6. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin pH değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu	29
Tablo 3.7. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin pH değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu	30
Tablo 3.8. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin titrasyon asitliği değerlerine ait ANOVA tablosu	31
Tablo 3.9. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin titrasyon asitliği değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu	31
Tablo 3.10. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin titrasyon asitliği değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu.....	32
Tablo 3.11. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin titrasyon asitliği değerlerine ait ANOVA tablosu	33
Tablo 3.12. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin titrasyon asitliği değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu.....	33
Tablo 3.13. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin titrasyon asitliği değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu.....	34

Tablo 3.14. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin bulanıklık değerlerine ait ANOVA tablosu	35
Tablo 3.15. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin bulanıklık değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu	35
Tablo 3.16. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin bulanıklık değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu.....	36
Tablo 3.17. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin bulanıklık değerlerine ait ANOVA tablosu	37
Tablo 3.18. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin bulanıklık değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu	37
Tablo 3.19. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin bulanıklık değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu.....	38
Tablo 3.20. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin su aktivitesi değerlerine ait ANOVA tablosu	39
Tablo 3.21. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin su aktivitesi değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu	40
Tablo 3.22. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin su aktivitesi değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu	40
Tablo 3.23. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin su aktivitesi değerlerine ait ANOVA tablosu	41
Tablo 3.24. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin su aktivitesi değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu	42
Tablo 3.25. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin su aktivitesi değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu.....	42
Tablo 3.26. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin briks değerlerine ait ANOVA tablosu	43
Tablo 3.27. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin briks değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu	44
Tablo 3.28. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin briks değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu	45

Tablo 3.29. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin briks değerlerine ait ANOVA tablosu	45
Tablo 3.30. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin briks değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu	46
Tablo 3.31. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin briks değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu	47
Tablo 3.32. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin kıvam katsayısı değerlerine ait ANOVA tablosu	50
Tablo 3.33. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin kıvam katsayısı değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu	51
Tablo 3.34. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin kıvam katsayısı değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu.....	51
Tablo 3.35. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin kıvam katsayısı değerlerine ait ANOVA tablosu	52
Tablo 3.36. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin kıvam katsayısı değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu	53
Tablo 3.37. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin kıvam katsayısı değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu.....	54
Tablo 3.38. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin akış davranış indeksi değerlerine ait ANOVA tablosu	54
Tablo 3.39. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin akış davranış indeksi değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu.....	55
Tablo 3.40. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin akış davranış indeksi değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu.....	56
Tablo 3.41. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin akış davranış indeksi değerlerine ait ANOVA tablosu	56
Tablo 3.42. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin akış davranış indeksi değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu	57
Tablo 3.43. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin akış davranış indeksi değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu.....	58

Tablo 3.44. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin görünür viskozite değerlerine ait ANOVA tablosu	58
Tablo 3.45. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin görünür viskozite değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu	59
Tablo 3.46. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin görünür viskozite değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu.....	60
Tablo 3.47. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin görünür viskozite değerlerine ait ANOVA tablosu	60
Tablo 3.48. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin görünür viskozite değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu.....	61
Tablo 3.49. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin görünür viskozite değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu.....	62
Tablo 3.50. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin depo modül değerlerine ait ANOVA tablosu	68
Tablo 3.51. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin depo modül değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu	69
Tablo 3.52. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin depo modül değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu.....	70
Tablo 3.53. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin depo modül değerlerine ait ANOVA tablosu	70
Tablo 3.54. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin depo modül değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu	72
Tablo 3.55. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin depo modül değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu.....	72
Tablo 3.56. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin kayıp modülü değerlerine ait ANOVA tablosu	73
Tablo 3.57. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin kayıp modülü değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu	74
Tablo 3.58. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin kayıp modülü değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu.....	74

Tablo 3.59. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin kayıp modülü değerlerine ait ANOVA tablosu	75
Tablo 3.60. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin kayıp modülü değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu	76
Tablo 3.61. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin kayıp modülü değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu.....	77
Tablo 3.62. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin kompleks modül değerlerine ait ANOVA tablosu	77
Tablo 3.63. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin kompleks modül değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu	78
Tablo 3.64. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin kompleks modül değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu.....	79
Tablo 3.65. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin kompleks modül değerlerine ait ANOVA tablosu	79
Tablo 3.66. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin kompleks modül değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu.....	80
Tablo 3.67. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin kompleks modül değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu.....	81
Tablo 3.68. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin kompleks viskozite değerlerine ait ANOVA tablosu	81
Tablo 3.69. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin kompleks viskozite değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu.....	82
Tablo 3.70. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin kompleks viskozite değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu.....	83
Tablo 3.71. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin kompleks viskozite değerlerine ait ANOVA tablosu	83
Tablo 3.72. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin kompleks viskozite değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu	84
Tablo 3.73. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin kompleks viskozite değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu.....	85

Tablo 3.74. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin tanjant delta değerlerine ait ANOVA tablosu	85
Tablo 3.75. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin tanjant delta değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu	86
Tablo 3.76. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin tanjant delta değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu.....	87
Tablo 3.77. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin tanjant delta değerlerine ait ANOVA tablosu	87
Tablo 3.78. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin tanjant delta değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu	88
Tablo 3.79. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin tanjant delta değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu.....	89

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Ksantan gamın yapısı	6
Şekil 1.2. Pektinin molekül yapısı	7
Şekil 1.3. Karboksimetil selüloz sodyum tuzunun yapısı	8
Şekil 1.4. Sitrik asidin kimyasal formülü	10
Şekil 1.5. Tartarik asidin kimyasal formülü	11
Şekil 1.6. Reolojik davranışların basit sınıflandırılması	13
Şekil 1.7. Akışkanların kesme hızlarına bağlı olarak kesme streslerindeki değişim	13
Şekil 3.1. Sitrik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının pH değerlerine ait kontur grafiği	27
Şekil 3.2. Tartarik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının pH değerlerine ait kontur grafiği	30
Şekil 3.3. Sitrik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının titrasyon asitliği değerlerine ait kontur grafiği	32
Şekil 3.4. Tartarik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının titrasyon asitliği değerlerine ait kontur grafiği	34
Şekil 3.5. Sitrik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının bulanıklık değerlerine ait kontur grafiği	36
Şekil 3.6. Tartarik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının bulanıklık değerlerine ait kontur grafiği	38
Şekil 3.7. Sitrik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının su aktivitesi değerlerine kontur grafiği	39
Şekil 3.8. Tartarik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının su aktivitesi değerlerine ait kontur grafiği	41
Şekil 3.9. Sitrik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının briks değerlerine ait kontur grafiği	44
Şekil 3.10. Tartarik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının briks değerlerine ait kontur grafiği	46
Şekil 3.11. Sitrik asit ortamında hazırlanmış gam solüsyonlarının reolojik akış grafiği	47
Şekil 3.12. Tartarik asit ortamında hazırlanmış gam solüsyonlarının reolojik akış grafiği	48

Şekil 3.13. Sitrik asit ortamında hazırlanmış gam solüsyonlarının görünür viskoziteleri üzerine kesme hızının etkisi	48
Şekil 3.14. Tartarik asit ortamında hazırlanmış gam solüsyonlarının görünür viskoziteleri üzerine kesme hızının etkisi	49
Şekil 3.15. Sitrik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının kıvam katsayısı değerlerine ait kontur grafiği.....	51
Şekil 3.16. Tartarik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının kıvam katsayısı değerlerine ait kontur grafiği	53
Şekil 3.17. Sitrik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının akış davranış indeksi değerlerine ait kontur grafiği.....	55
Şekil 3.18. Tartarik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının akış davranış indeksi değerlerine ait kontur grafiği.....	57
Şekil 3.19. Sitrik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının görünür viskozite değerlerine ait kontur grafiği.....	59
Şekil 3.20. Tartarik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının görünür viskozite değerlerine ait kontur grafiği.....	61
Şekil 3.21. Sitrik asit ortamında hazırlanmış ksantan solüsyonunun strese göre G' ve G'' grafiği.....	62
Şekil 3.22. Sitrik asit ortamında hazırlanmış pektin solüsyonunun strese göre G' ve G'' grafiği.....	63
Şekil 3.23. Sitrik asit ortamında hazırlanmış CMC solüsyonunun strese göre G' ve G'' grafiği.....	63
Şekil 3.24. Tartarik asit ortamında hazırlanmış ksantan solüsyonunun strese göre G' ve G'' grafiği.....	64
Şekil 3.25. Tartarik asit ortamında hazırlanmış pektin solüsyonunun strese göre G' ve G'' grafiği.....	64
Şekil 3.26. Tartarik asit ortamında hazırlanmış CMC solüsyonunun strese göre G' ve G'' grafiği.....	65
Şekil 3.27. Sitrik asit ortamında hazırlanmış ksantan solüsyonunun frekansa göre G' ve G'' grafiği.....	65
Şekil 3.28. Sitrik asit ortamında hazırlanmış pektin solüsyonunun frekansa göre G' ve G'' grafiği.....	66

Şekil 3.29. Sitrik asit ortamında hazırlanmış CMC solüsyonunun frekansa göre G' ve G'' grafiği.....	66
Şekil 3.30. Tartarik asit ortamında hazırlanmış ksantan solüsyonunun frekansa göre G' ve G'' grafiği.....	67
Şekil 3.31. Tartarik asit ortamında hazırlanmış pektin solüsyonunun frekansa göre G' ve G'' grafiği.....	67
Şekil 3.32. Tartarik asit ortamında hazırlanmış CMC solüsyonunun frekansa göre G' ve G'' grafiği.....	68
Şekil 3.33. Sitrik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının depo modül değerlerine ait kontur grafiği.....	69
Şekil 3.34. Tartarik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının depo modül değerlerine ait kontur grafiği.....	71
Şekil 3.35. Sitrik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının kayıp modül değerlerine ait kontur grafiği.....	74
Şekil 3.36. Tartarik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının kayıp modül değerlerine ait kontur grafiği.....	76
Şekil 3.37. Sitrik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının kompleks modül değerlerine ait kontur grafiği.....	78
Şekil 3.38. Tartarik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının kompleks modül değerlerine ait kontur grafiği.....	80
Şekil 3.39. Sitrik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının kompleks viskozite değerlerine ait kontur grafiği.....	82
Şekil 3.40. Tartarik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının kompleks viskozite değerlerine ait kontur grafiği.....	84
Şekil 3.41. Sitrik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının tanjant delta değerlerine ait kontur grafiği.....	86
Şekil 3.42. Tartarik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının tanjant delta değerlerine ait kontur grafiği.....	88

GİRİŞ

Gıdaların duyuşal veya teknolojik karakterlerini geliştirmek amacıyla kullanılan gıda katkı maddeleri, gıda endüstrisinin vazgeçilmez bir parçasıdır. Sürekli gelişen üretim teknikleri, gıda ürünlerinin çeşitlenmesi, tüketicinin beğenisini kazanmak, gıdanın mevcut kalitesinin daha iyi algılanmasını sağlamak, mevsimlik gıdaların her mevsim tüketilmesini sağlamak ve gıda işlem yöntemlerinin gelişmesiyle katkı maddelerine gereksinimin artmaktadır. Gıda katkı maddeleri gıda ürünlerinin tadını, kokusunu, rengini, görünüşünü, yapısını veya diğere niteliklerini geliştirmek, düzeltmek veya korumak amacıyla kullanılmaktadır.

Organik asitler doğada saf olarak bitkisel kaynaklarda yaygın olarak bulunabilirler ve doğal yollardan elde edilebilirler. Gıda katkı maddesi olarak da gıda formülasyonlarında değerlendirilmektedirler. Tat ve koku verici olarak mevcut tadı geliştirmek veya istenmeyen tadı baskılamak, gıda ürünlerinde pH değerini düzenlemek, koruyucu olarak mikroorganizmaların gelişmesini engelleyip gıda bozulmalarına engel olmak amaçlarıyla gıdalara katkı maddesi olarak ilave edilmektedirler.

Gıda sanayinde sıklıkla kullanılan katkı maddelerinden biri de hidrokolloidlerdir. Hidrokolloidler gıdalarda kıvam oluşturma, jelleşme, film oluşturma ve gıdaların stabilizasyonunu sağlama amaçlarıyla kullanılan, suda çözünebilen yüksek molekül ağırlıklı polisakkaritlerdir. Guar gam, pektin, karragenan, ksantan gam, jelatin, locust bean gam, karboksimetil selüloz, gam arabic, alginat ve salep gibi kıvam artırıcılar sıklıkla kullanılan stabilizatörlerdir. Özellikle soslar, çorbalar, süt ürünleri, şuruplar, dondurma, hazır gıdalar, içecekler, şekerlemeler gibi birçok gıda ürünlerinin formülasyonlarında değışen oranlarda kullanılmaktadırlar. Bu tür bileşikler su içerisinde kolaylıkla çözünürler ve viskozite değerinde veya jel formasyonunda artışa neden olarak ortamı kalınlaştırırlar. Gıda ortamları farklı katkıları içerdiğinden gamların etkileri bu

ortamlara göre değişebilmekte ve çoğu zaman uygun gam kombinasyonları seçilememektedir.

Özellikle organik asit ortamlarındaki model gıda desenlerinde farklı gamlar yer almaktadır. Örneğin reçel grubunda genellikle sitrik asit ve pektin kullanılmaktadır. Ancak ortamdaki pektin yerine farklı gam kombinasyonları kullanılabilir ve kullanılan bu farklı gamlar ile sinerjik etkiler ortaya çıkarılabilir. Sonuçta daha uygun kıvamda ve daha düşük maliyette ürün formülasyonları geliştirilebilir.

Bu bilgiler de dikkate alınarak bu çalışmada ksantan, pektin, karboksimetilselüloz gamlarının sitrik asit, şeker ve tartarik asit, şeker ortamındaki yatışkan hal (steady state) ve dinamik titreşimli kayma (dynamic shear) akış davranış özellikleri belirlenerek merkezi karışım dizayn ile optimize edilmiştir. Ayrıca oluşturulan model ortamlarının fizikokimyasal özellikleri de belirlenmiştir.

Genel olarak reçel, jöle, veya şeker-organik asit ortamına sahip bulunan gıda formülasyonlarında şeker, pektin ve sitrik asidin kullanımının yaygın olduğu gözükmetedir. Yapılan bu tez çalışmasında ortaya konulan hipotez organik asit-şeker model ortamında pektine alternatif gam veya gam kombinasyonlarının reolojik yönden incelenip daha iyi kıvam katsayısı veya viskozite değerlerini saptamak, muhtemel sinerjik etkileri gözlemektir. Ortaya çıkarılan optimum gam kombinasyonlarının, organik asit içeren gıdaların formülasyonlarında daha uygun kullanım miktarı ile en iyi kıvam yapısı ile daha düşük maliyetle sağlanabilecektir.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

1.1. Gamlar

Gam terimi, ilk olarak bitkilerden elde edilen yapışkan ve zamksı maddeler için kullanılmıştır. Günümüzde ise jelleştirici, kıvam verici ve suda çözünebilen maddeler için kullanılmaktadır. Teknik olarak ise gam terimi, kıvam arttırıcı veya jelleştirici özellikte olan suda dağılabilen ve çözünebilen polimerik maddeler için kullanılmaktadır. Bu tür maddeler kolloidal yapıda ve hidrofilik özellikte olduklarından “hidrokolloidler” olarak da adlandırılmaktadırlar. Hidrokolloid terimi, “hidro” Yunanca su anlamında; ‘kolloid’ ise Fransızca’da “col” (tutkal) ve ‘oid’ (benzer) sözcüklerinden oluşmuştur [1].

Hidrokolloidler, kullanıldıkları gıdalara kalınlaştırma, jel oluşturma, emülsiyon stabilitesini sağlama gibi özellikler kazandıran yüksek molekül ağırlıklı hidrofilik biyopolimerlerdir [2]. Genellikle suda çözünebilir gamlar olarak bilinen hidrokolloidler bitkilerden, hayvanlardan, deniz yosunlarından, mikrobiyal kaynaklardan elde edilen çözünebilir liflerden oluşan polimerik hidrokarbonlardır [3, 4, 5]. Suda çözünebilir gamlar çeşitli biyolojik kaynaklardan değişik arıtma işlemlerine tabi tutularak elde edilirler. Tablo 1.1’de bazı gam çeşitleri ve elde edildikleri kaynaklar verilmiştir [3].

Hidrokolloidler suyla temas ettiklerinde şişerler, serbest suyu bağlayıp viskoz çözelti oluştururlar [6]. Bu özellikleri nedeniyle gamlar, gıda sektöründe genellikle jelleştirici veya kıvam arttırıcı, stabilizör, süspansiyon oluşturucu ve su bağlayıcı ajanlar olarak gıdaların tekstürel özelliklerini iyileştirmek amacıyla kullanılmaktadırlar [3, 7, 8].

Guar gam, pektin, karragenan, ksantan gam, jelatin, locust bean gam, karboksimetil selüloz, gam arabic, alginat ve salep gibi kıvam arttırıcılar gıda katkı maddesi olarak sıklıkla kullanılan stabilizatörlerdir. Soslar, çorbalar, süt ürünleri, şuruplar, dondurma,

hazır gıdalar, içecekler, şekerlemeler gibi birçok gıda ürünlerinin formülasyonunda çok yaygın olarak kullanılmaktadırlar [9, 10].

Tablo 1.1. Suda çözünebilen gam tipleri ve kaynakları

Gam Tipi	Elde Edildiği Kaynak
Reçine gamları	
Gam arabik	<i>Acacia sp.</i>
Karaya	<i>Sterculia sp.</i>
Tragakant	<i>Astragalus sp.</i>
Deniz yosunu ekstraktları	
Karragenan	<i>Chondrus ,Eucheuma spp.</i>
Agar	<i>Gracilaria, Gelidium spp.</i>
Aljinat	<i>Laminaria, Macrocystis spp.</i>
Tohum ekstraktları	
Guar	<i>Cyamopsis tetragonolobus</i>
Keçiboynuzu gamı	<i>Ceratonia siliqua</i>
Mikrobiyal gamlar	
Ksantan gam	<i>Xanthomonas compestris</i>
Gellan gam	<i>Pseudomonas clodea</i>
Bitki ekstraktları	
Pektinler	Elma, turunçgil kabukları
Konjac unu	<i>Amorphophallus sp.</i>
Modifiye gamlar	
Selüloz gam	Sodyum karboksimetil selüloz
Selüloz jel	Mikrokristalin selüloz
Metil selüloz	Metil selüloz

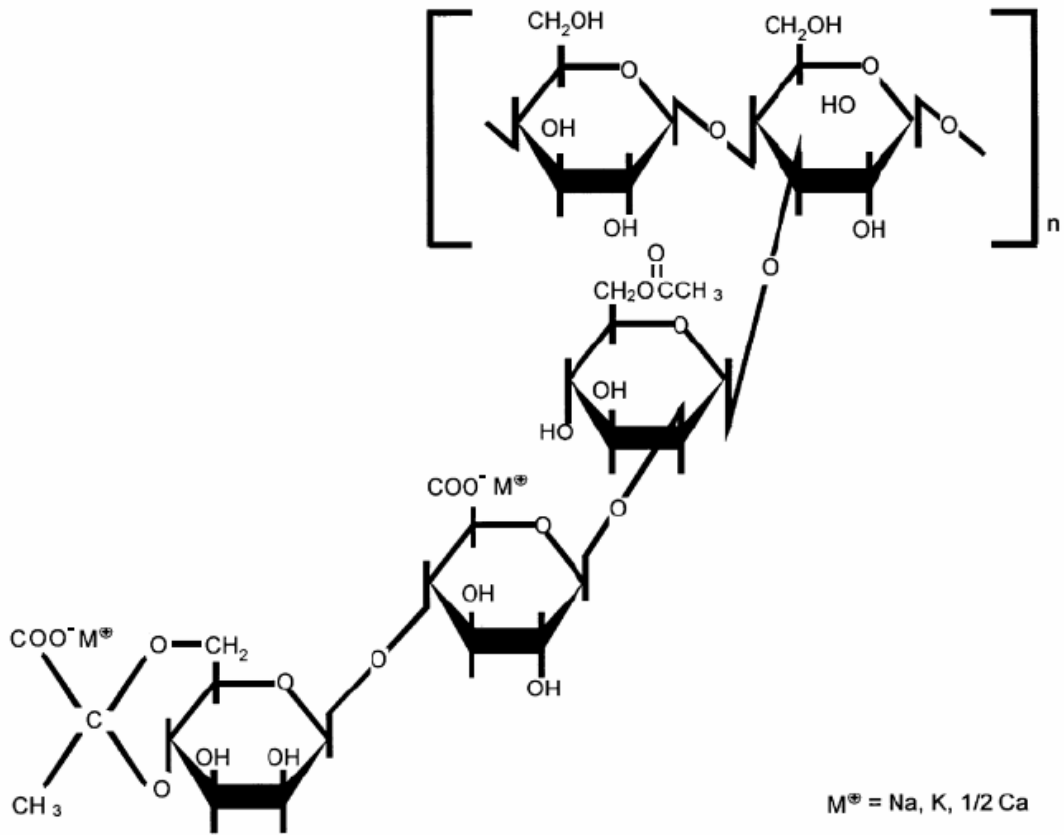
1.1.1. Ksantan Gam

Ksantan gam, 1950 yılında Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı Kuzey Bölgesi Araştırma Laboratuvarı'nda (NRRL) keşfedilmiş, doğal bir polisakkarit ve önemli bir endüstriyel biyopolimerdir [11]. Gıda ürünlerine kullanımına 1969 yılında Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından izin verilmiştir [12].

Mikrobiyal kaynaklı olan ksantan gam, lahana ve benzeri bitkilerin yapraklarından izole edilen *Xanthomonas campestris* bakterisi kullanılarak daldırmalı aerobik fermantasyon yoluyla üretilen heteropolisakkarittir [12, 13, 14, 15]. Fermantasyon, karbonhidrat, uygun bir azot kaynağı, potasyum fosfat ve diğer iz elementlerin bulunduğu bir ortamda gerçekleştirilir. Fermantasyon sonunda üretilen polisakkarit, izopropil alkol kullanılarak çöktürülmekte ve ortamdan izole edilmektedir. İzopropil alkolün uzaklaştırılması için kalıntıya santrifüj işlemi uygulanmakta ve ardından kurutulmaktadır. Kurutulan ksantan gam öğütülerek kullanıma hazır hale getirilmektedir [1, 15].

Ksantan molekülünün ana zinciri, selülozun yapısında olduğu gibi 1,4- bağlı β -D-glukoz birimlerinin bulunduğu polimer iskeletinden oluşmaktadır. Ana zincirdeki β -D-glukopiranozil birimlerine birer atlayarak O-3 pozisyonunda trisakkarit birimleri bağlanmıştır. Bu trisakkarit α -D-mannopiranoz, β -D-glukopiranoz ve β -D-mannopiranozdan oluşmuştur. Yan zincirin ana zincire bağlandığı noktadaki D-mannoz birimi O-6 pozisyonunda bir asetil grubu taşır. β -D-mannopiranozil uçlarından yaklaşık yarısına pirüvik asit bağlanmıştır. Ksantan gamın yaklaşık %60'ını oluşturan yan zincirler ile ana zincirin etkileşimi molekülün ısı, asit, baz ve enzim stabilitesini artırır. Yan zincirler ksantan gama birçok fiziksel ve kimyasal özellik kazandırmaktadır [1, 16]. Molekül ağırlığı yaklaşık 2 milyondur ancak 13-50 milyona kadar çıkabilmektedir. Ksantan gamın molekül yapısı Şekil 1.1'de görülmektedir [12].

Sıcak veya soğuk suda çözünebilir ksantan gam tuzda ve asidik sistemlerde çözünür ve stabildir [17]. Sülfürik asit, nitrik asit ve asetik asitlerin % 8'lik, hidroklorik asidin % 10'luk, fosforik asidin ise %25'lik çözeltilerinde kolaylıkla çözünebilir. Düşük konsantrasyonlarda dahi yüksek viskozite vermekte ve psödoplastik reolojik özellik göstermektedir. Süspansiyon ve emülsiyon stabilizasyonu sağlayan ksantan gamın çözelti viskozitesi 0-100 °C'de stabildir [1, 16]. Ksantan gam galaktomannanlar (keçiboynuzu gamı, guar gam, locust bean gam, vb.) ile etkileşime girer ve birlikte kullanıldıklarında viskozitede sinerjik bir artışa sebep olurlar [18, 19].



Şekil 1.1. Ksantan gamın yapısı

Ksantan gam kalınlaştırıcı olarak, süspansiyon ve emülsiyon stabilizasyonu sağlamak amacıyla birçok endüstriyel alanda kullanılmaktadır. Ksantan gamın çeşitli endüstriyel üretimlerde kullanılmasının sebebi geniş pH aralığında ve sıcaklık stabilitesinde, düşük konsantrasyonlarda dahi iyi viskoz çözelti oluşturması ve reolojik özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Bu reolojik özellikler ise ksantan gamın dallanma gösteren yapısı ve yüksek molekül ağırlığından kaynaklanmaktadır [20, 21].

1.1.2. Pektin

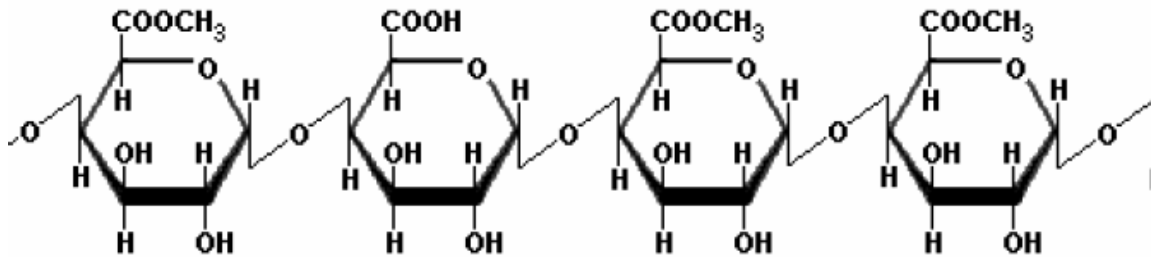
Pektik bileşikler birçok meyve ve sebzelerin hücre duvarlarında yer alan ve hücreleri birbirine bağlayan polisakkaritlerdir [22]. Hücre duvarı dışında hücre özsuyunda ve çözülmüş halde bulunurlar. Pektin, farklı oranlarda metil ester (metoksil) grupları içeren ve suda çözünebilen pektinik asittir [23].

Ticari pektinler çeşitli derecelerde metil ester grubu içeren α -D-galaktopiranozilüronik asit polimeridir. Doğal olarak bitkilerde bulunan pektinler daha kompleks yapıda moleküllerdir ve asit ekstraksiyonu ile ticari pektinlere dönüştürülürler. Ticari pektinler genellikle portakal kabuğu, limon kabuğu ve elma posasından elde edilirler.

Pektin molekülleri esas olarak lineer (1-4) bağlı α -D-galaktopiranozilüronik asit birimlerinden oluşmuştur. Ancak yapıda α -L-ramnoz gibi nötr şekerler de vardır. Turunçgil ve elma pektinlerinde α -D-ramnopiranozil birimleri polisakkarit zincirine yerleşmişlerdir ve zincir birleşme boyunu sınırlayarak jelleşme özelliklerini etkilerler. Bazı pektinler de kovalent bağlı olarak dallanmış yapıya sahip olan arabinogalaktan ve/veya D-ksiloz birimlerinden oluşan kısa yan zincirler içerebilir. Şekil 1.2’de pektinin molekül yapısı görülmektedir [16].

Pektin yapısında metanolla esterleşmiş olan karboksil gruplarının yüzde olarak değeri esterleşme derecesi olarak adlandırılır. Pektinler esterleşme derecesine göre “düşük metoksilli pektin” ve “yüksek metoksilli pektin” olarak gruplandırılırlar. Bileşimindeki karboksil gruplarının %50’den daha fazla metil ester formunda olan pektinler yüksek metoksilli pektin, bileşimindeki karboksil gruplarının %50’den azı metil ester formunda olanlar ise düşük metoksilli pektinlerdir [16, 23].

Pektinler uygun koşullarda şeker ve asitle jel yapabilme yeteneğine sahiptir [24]. Molekül ağırlığı yüksek ve metil ester grupları fazla olan pektinler daha sıkı yapıda jel yaparlar. Pektin jeli özellikleri üzerine pektin miktarı, pektinin nitelikleri, ortamın pH derecesi, sıcaklık ve kuru madde konsantrasyonu gibi faktörler etkilidir [25, 26, 27]. Pektinler, jelleşme özellikleri nedeniyle meyve pürelerrinin, reçelin ve marmelatın reolojisinde etkili olmaktadır [28].



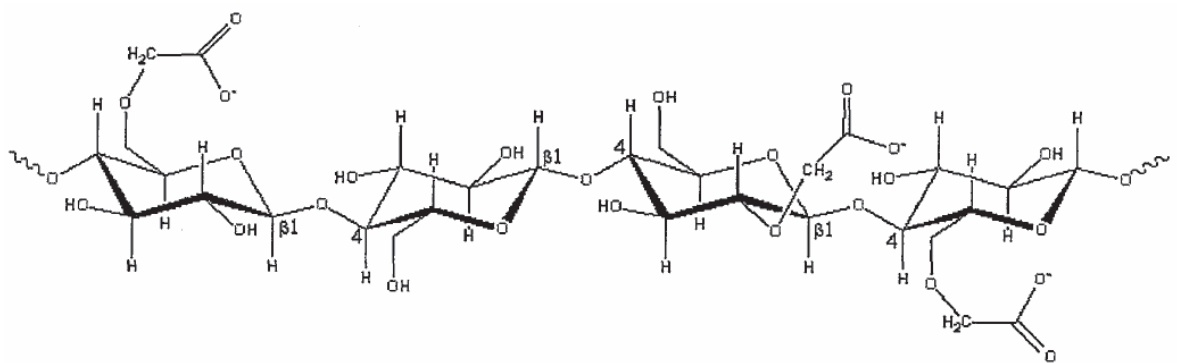
Şekil 1.2. Pektinin molekül yapısı

1.1.3. Karboksimetil Selüloz

Selüloz bitkilerde bulunan ve hücre duvarının yapısında yer alan bir polisakkarittir. Çok sayıda glukoz ünitesinin birleşmesiyle oluşur [29]. Selülozun en belirgin özelliği suda çözünmemesidir. Ancak selüloz kimyasal yolla modifiye edilerek selüloz bazlı gıda gamları üretiminde kullanılmaktadır. Bunlardan en yaygını karboksimetil selülozun (CMC) sodyum tuzudur [1]. Şekil 1.3'te karboksimetil selüloz sodyum tuzunun yapısı gösterilmektedir.

Karboksimetil selüloz (CMC), alkali selülozun sodyum monokloroasetat ile reaksiyona girmesiyle elde edilir. Suda çözünebilir selüloz bazlı bir polimerdir. Karboksimetil selüloz daha çok sodyum tuzu formunda satıldığı için, sodyum karboksimetil selüloz (NaCMC) olarak da bilinmektedir. Farklı parçacık büyüklüğünde, değişik yer değiştirme derecelerinde, farklı viskozite ve hidrasyon karakterlerinde olabilmektedirler [30].

Karboksimetil selüloz kokusuz, tatsız olduğu ve bulanıklık vermediği için gıdalarda sıklıkla kullanılır [31]. Gıda sanayinde dondurma ve dondurulmuş gıda ürünlerinde buz kristallerinin oluşumunu önleyici; krema, jöle ve pudinglerde sineresis olayını engelleyici; pasta ve diğer fırıncılık ürünlerinde hacim artışı sağlayıcı; mayonez ve diğer emülsiyon ürünlerde kolloit yapıyı koruyucu; meşrubat üretiminde emülgatör ve stabilizör olarak kullanılmaktadır [25, 32]. Bunun yanı sıra kalınlaştırıcı ve emülsifiye edici özelliği nedeniyle eczacılıkta, deterjan, tekstil ve kozmetik ürünlerin üretiminde de kullanılmaktadır [33]. Çözeltileri genellikle psödoplastik akış özelliği sergilemektedir [34].



Şekil 1.3. Karboksimetil selüloz sodyum tuzunun yapısı

1.2. Organik Asitler

Organik asitler, meyve ve sebzelerin hücrelerinde suda erimiş halde bulunan bileşenlerdir. Organik asitlerin çoğunluğu serbest halde bulunur, ancak bir kısmı tuz, ester, glikozit gibi değişik bileşikler halinde ve diğer bileşenlere bağlı formda da bulunabilirler. Bazı organik asitlerin miktarları çok yüksek olup, meyvelerin ham olduğu dönemlerde hücrelerde kristaller halinde bulunabilmektedirler. Organik asitler meyvelerde solunum enerjisi oluşturmada önemli bir unsurdur. Bu nedenle uzun süre depolanan meyvelerde asit miktarında azalma görülebilir [23, 35].

Organik asitler meyve ve sebzelerin çeşidine bağlı olarak değişik tür ve miktarlarda bulunurlar. Özellikle meyvelerin çoğunda şeker ile birlikte tadı etkileyen en önemli unsurdur. Meyvelerde şeker:asit oranının yüksek olması tatlı; düşük olması ise ekşi tadın baskın olduğunun göstergesi sayılabilmektedir [23, 35].

Meyve ve sebzelerde en çok bulunan organik asitler malik asit, sitrik asit ve tartarik asittir. Malik asit daha çok elma, vişne, kiraz gibi meyvelerde; sitrik asit en fazla turunçgil meyvelerinde bulunurken tartarik asit üzümde hakim olan asittir. Ayrıca meyvelerde az miktarda süksinik asit, okzalik asit, hidroksisinamik asit, salisilik asit ve benzoik asit gibi diğer organik asitler de bulunmaktadır [23, 35, 36].

Organik asitler, ayrıca çeşitli meyve ve sebze sularından elde edilen içeceklerin üretiminde sıklıkla kullanılmaktadır. İçeceklerin tatlarını zenginleştirmek amacıyla kullanılan organik asitlerin başlıcaları sitrik asit, tartarik asit, fumarik asit ve fosforik asitlerdir. Ayrıca benzoik asit meyve ve sebze suyu içeceklerinde koruyucu olarak sıklıkla kullanılmaktadır [37].

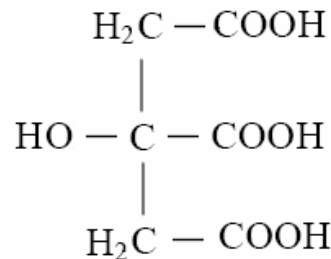
1.2.1. Sitrik Asit

Sitrik asit, turunçgil meyveleri başta olmak üzere pek çok bitkide doğal olarak bulunan bir organik asittir. İlk olarak 1784 yılında, Karl Wilhelm Scheele tarafından limon suyundan kristallendirilerek izole edilmiştir. 1893 yılında Wehmer, *Citromyces (Penicillium)* küfö ile yaptığı bir araştırmada, sitrik asidin mikrobiyal bir metabolit olarak da üretilbildiğini göstermiştir [38].

Sitrik asit saf halde iken katıdır. Suda çözünürlüğü oldukça fazladır ve ekşiliği az olan asitlerdendir. Sitrik asit gıda endüstrisinde asitlendirici, aroma geliştirici, koruyucu, emülsifiyer, stabilizatör ve antioksidan olarak kullanılmaktadır [23, 25]. Molekül ağırlığı 192,14 olan sitrik asidin kimyasal formülü Şekil 1.4'te gösterilmiştir [39]. Diğer kullanım alanları ve amaçları Tablo 1.2'de gösterilmiştir [40].

Tablo 1.2. Sitrik asidin kullanım alanları ve kullanım amaçları

Kullanım Alanı	Kullanım Amacı
Şekerlemeler	Sukrozun kristalizasyonunu önlemek ve inversiyonunu kolaylaştırmak
Marmelat ve reçeller	Pektinin jel oluşumunu kolaylaştırmak, pH ayarlanması, ekşilik ve tat oluşumu
Jöleli tatlılar	pH ayarlanması
Meyve ve sebze suları	Tat ve ekşimsilik katmak, stabilizör olarak
Şarap	pH ayarlanması, bulanıklığın giderilmesi
Süt ürünleri	Peynir ve dondurmada emülsifiyer olarak, antioksidan ve asitliği düzenleyici olarak
Yağlar	Ağır metalleri bağlayıcı olarak, antioksidan olarak
İlaç sanayi	Vitaminlerin hazırlanmasında antioksidan olarak, kan plazmalarının hazırlanmasında, bağırsak hareketlendirici ilaçların hazırlanması, bikarbonatla hazırlanan tabletlerde efervesan olarak
Kozmetik	pH ayarlanması

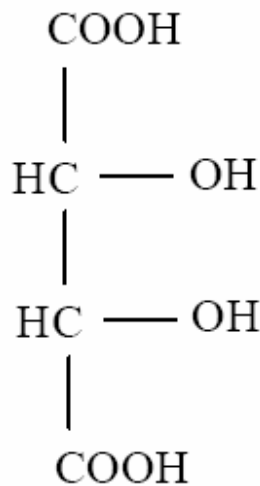


Şekil 1.4. Sitrik asidin kimyasal formülü

1.2.2. Tartarik Asit

Tartarik asit üzümelerde hakim olan asittir ve üzümlerin toplam asitliğinin % 40-80' ini tartarik asit oluşturur [23]. Saf haldeyken katı formda olan tartarik asit meyvelerde doğal aromayı artırır. Katı ve organik asitler içinde suda en çok çözünen ve en fazla ekşiliğe sahip olan asittir [25]. Molekül ağırlığı 150,09 olan tartarik asidin kimyasal formülü Şekil 1.5'te verilmiştir [23, 39].

Eklendiği gıdaya çok kuvvetli ekşilik sağlar ve daha çok eklendiği gıdalarda pH düşürme ve flavor sağlama amacıyla kullanılır. Meyve kökenli olduğu için, çoğunlukla meyve içeren işlenmiş gıda ürünlerinde kullanılmaktadır. Üzüm aromalı gıdaların koyu pembemsi doğal renklerini arttırdığından, genellikle üzüm aromalı ve ekşimsi reçellerde, jölelerde ve şekerlemelerde asitlendirici olarak tercih edilmektedir. Antioksidanlarla birlikte kullanıldığında gıdalarda ransiditeyi önleyici etki yapmaktadır. Öğütülmüş baharatlarda stabilizör, peynirlerde renk bozulmasını önleyici, yağlı gıdalarda ise çelat olarak görev yapar [25, 41, 42].



Şekil 1.5. Tartarik asidin kimyasal formülü

1.3. Reoloji

Reoloji maddelerin akış ve deformasyon özelliklerini inceleyen bilim dalıdır. Reoloji, bir maddeye uygulanan stres ile meydana gelen deformasyonu açıklar [43]. Reolojik özellikler, kuvvet ve deformasyonun zamanın bir fonksiyonu olarak ölçülmesi ile belirlenir [44].

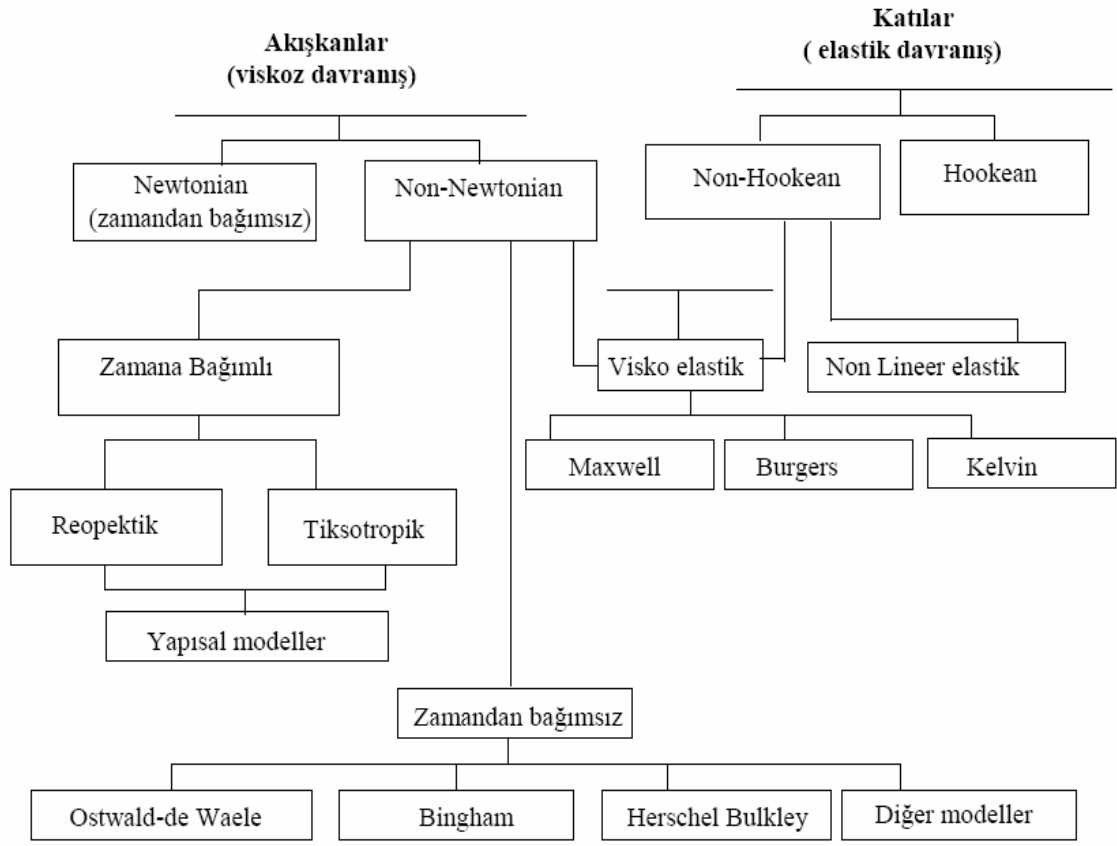
Gıda sistemlerinde reoloji, kalite parametresi olarak önemli bir rol oynamaktadır [45].

Gıda endüstrisinde reolojik verilere;

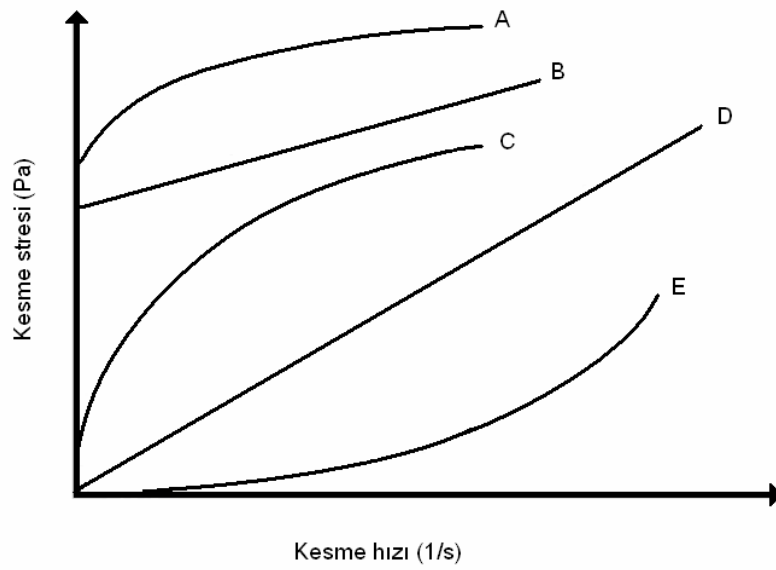
- Gıda proseslerinde kullanılan pompa, ekstrüder, karıştırıcı, ısı değiştirici ve homojenizatör gibi ekipmanların tasarımı için gerekli olan mühendislik hesaplamalarında,
- Ürün geliştirmede bileşenlerin fonksiyonlarının belirlenmesinde,
- Ara ürün veya son ürünün kalite kontrolünde,
- Raf ömrü testlerinde,
- Duyusal verilere dayanarak gıda tekstürünün değerlendirilmesinde,

ihtiyaç duyulmaktadır [46, 47, 48].

Gıdalar akışkanlık davranışlarına göre genel olarak göre Newton tipi ve Newton tipi olmayan akışkanlar olmak üzere ikiye ayrılırlar [49]. Viskoziteleri kayma hızından bağımsız olan sıvılar Newton tipi, kayma hızıyla değişen sıvılar ise Newton tipi olmayan olarak tanımlanır. Şekil 1.6'da reolojik davranışların basit sınıflandırılması gösterilmiştir [46]. Bunun yanı sıra viskozitenin kayma hızı arttıkça azaldığı davranış biçimi psödoplastik (shear-thinning), arttığı davranış biçimi ise dilatant (shear-thickening) olarak adlandırılmaktadır. Sıvı viskozitesinin zamana bağlı olarak azalması tiksotropik, zaman bağlı olarak artması ise reopektik davranışı göstermektedir [47, 48]. Newton tipi ve Newton tipi olmayan akışkanların kesme hızına bağlı olarak kesme streslerindeki davranış özellikleri Şekil 1.7'de gösterilmektedir [47].



Şekil 1.6. Reolojik davranışların basit sınıflandırılması



Şekil 1.7. Akışkanların kesme hızlarına bağlı olarak kesme streslerindeki değişim (A:Herschel-Bulkley, B: Bingham Plastik, C: Psödoplastik, D: Newton tipi, E: Dilatant)

Sıvı ve yarı sıvı gıdaların akış davranışlarının belirlenmesinde çeşitli modeller kullanılmaktadır. Bu modeller Üslü-Yasa (Ostwal-de-Walle), Hershel-Bulkey, Casson ve Bingham modelleridir.

$$\text{Üslü Yasa Modeli} \quad \sigma = K \gamma^n \quad (1)$$

$$\text{Hershel-Bulkley Modeli} \quad \sigma = K\gamma^n + \sigma_Y \quad (2)$$

$$\text{Casson Modeli} \quad \sigma^{0.5} = K\gamma^{0.5} + \sigma_Y^{0.5} \quad (3)$$

$$\text{Bingham Modeli} \quad \sigma = \eta\gamma + \sigma_Y \quad (4)$$

Bu eşitliklerde σ kesme stresini (Pa), γ kesme hızını (s^{-1}), n akış davranış indeksini, K kıvam katsayısını ($Pa.s^n$) ve σ_Y ise başlangıç stresini ifade etmektedir [46].

Reolojik özellikler gıda sanayinde, gıdaların üretimi ve kalitesi açısından önemlidir. Gıdaların reolojik özellikleri, akış özelliklerini etkileyerek çiğneme sırasında algılanmasında ve sindirilmesi sırasında besinlerin sürümünü etkileyerek tat veya kıvam özelliklerini tetikler. Genel olarak proses dizaynı (boru, pompa, ekstrüder, karıştırıcı, kaplama, ısı değiştirici, homojenize edici gibi ekipmanların mühendislik hesaplarında) için büyük öneme sahip olan reolojik özellikler ayrıca gıdaların kalite kontrolü, ekipman seçimi, raf ömrü hesaplamaları, duyuşal olarak gıdaların değerlendirilmesi gibi alanlarda reolojik ölçümlere ve bu ölçümlerin sonuçlarına ihtiyaç duyulmaktadır [46, 50].

Gamların reolojik özellikleri genellikle gıdaların tekstürel özelliklerini geliştirmesi amacıyla kullanıldığında önem kazanır. Sıvı ve yarı sıvı karakterdeki ürünlerin reolojik özelliklerinin bilinmesi, ürünün işlenmesi ve kalite kontrolünün sağlanması açısından oldukça önemlidir. Gam içeren gıdaların reolojik özelliklerini gamın konsantrasyonu, sıcaklık, çözünme, elektrik yükü, elektrolitlerin varlığı ve diğer gamlarla olan sinerjileri gibi bir takım faktörler etkileyebilir [51].

Bu konuda yapılan çalışmalara bakıldığında Alpaslan ve Hayta [52], tahine çeşitli oranlarda pekmez karıştırılmasıyla elde edilen karışımların çeşitli sıcaklık değerlerinde reolojik özelliklerini incelemişlerdir. Sıcaklık artışının viskozitede azalmaya neden olduğu ayrıca pekmez ilavesinin karışımın görünür viskozitesini artırdığını belirtmişlerdir.

Yapılan diğerk bir çalışmada pektin, nişasta, karragenan, ksantan gibi hidrokolloidlerin değişik sıcaklık değerlerinde (20°C, 40°C, 60°C ve 80°C) konsantrasyona ve sıcaklığa bağlı reolojik özellikleri incelenmiştir. Çalışma neticesinde ksantan gamın diğerk hidrokolloidlerden daha fazla psödoplastik özellik gösterdiği belirtilmiştir. Ayrıca sıcaklıkla viskozitesinde değişimin en az olduğu gam da ksantan gam olmuştur [53].

Sıcaklığın viskozite üzerine etkisinin incelendiği başka bir çalışmada ksantan, guar ve ksantan-guar karışımlarının kapiler viskozimetre ile 25°C ve 80°C karıştırma sıcaklıklarında viskoziteleri, dinamik ve viskoelastik özellikleri incelenmiştir. Her iki sıcaklıkta da söz konusu gamlar arasında sinerji tespit edilmiş ancak en güçlü sinerjik etkinin 80 °C' de yapılan çalışmalarda bulunduğu belirtilmiştir [54].

Değişik karıştırma şartlarında ksantan/locust bean gam karışım solüsyonlarının viskoziteleri ve reolojik özellikleri üzerine bir çalışma yapılmış, çalışma sonucunda ksantan gam ve locust bean gam arasındaki etkileşimden dolayı, bu solüsyonların viskozitelerinin yüksek olduğu gözlenmiştir. En yüksek viskozitenin, ksantan/locust bean oranının 2:4 (w/w) olduğu, sıcaklık olarak da ksantan gamın 40°C'de, locust bean gamın da 80°C'de zndrldği değerlerde elde edildiği belirtilmiştir [55].

Farklı oranlardaki locust bean gam ve ksantan gam karışımlarından oluşan solüsyonların seyreltik NaCl, KCl, CaCl₂ tuz zlteleri ortamında reolojik özellikleri incelenmiş, locust bean gam ve ksantan gam arasındaki en iyi sinerjik etkinin ve en yüksek viskozite değerinin %60 ksantan gam ve %40 locust bean gam içeren solüsyon olduğu saptanmıştır [56].

Farklı oranlarda tuz (0,05-1g /100g) ve su (30-50g /100g) ilave edilerek hazırlanan ayranların 5-20s⁻¹ kayma hızı aralığında reolojik özellikleri belirlenmiştir. Ayran rneklerinin tiksotropik davranış gösterdiği belirlenmiş ancak su ve tuz miktarının artışına bağlı olarak tiksotropik davranış özelliğinin azaldığı ve ürünün Newton tipi akış göstermeye başladığı belirlenmiştir [57].

Ayrıca tuzların gamlar üzerine etkisinin araştırıldığı başka bir çalışmada sıcak su ve sodyum bikarbonatla dut yapraklarından ekstrakte edilen hidrokolloidlerin reolojik özellikleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda sodyum bikarbonatla ekstrakte edilen hidrokolloidlerin reolojik özelliklerinin sıcak su ile elde edilene göre daha yüksek

olduğu belirtilmiştir. Ayrıca reolojik özelliklerin 0–200 mM NaCl, KCl ve MgCl₂ ilavesiyle önemli derecede değişiklik göstermediği belirtilmiştir [58].

Düşük kuru madde içeriğine sahip olan ayranlara çeşitli kıvam vericilerin (ksantan gam, karboksimetil selüloz, κ-karragenan, locust bean gam, agar ve modifiye nisasta) ilavesiyle hazırlanan ayranların kıvamlılığı standart olarak kabul edilen ayranlarla karşılaştırılmış ve çalışma sonunda kıvam vericiler kullanılarak istenilen kıvama sahip ürün elde edilebileceği gösterilmiştir [59].

Partikül boyutunun ve ürün kompozisyonunun reolojik özellikler üzerine etkisi ile ilgili yapılan bir çalışmada bitter çikolatada partikül boyut dağılımı, yağ ve lesitin içeriğinin çikolatanın tüm reolojik özelliklerini önemli derecede etkilediği görülmüştür. Partikül boyutu arttıkça çikolatanın başlangıç stresinde (yield stress) ve görünür viskozite değerinde azalma olduğu, yine yağ ve lesitin oranının artması ile başlangıç stresinde (yield stress) ve görünür viskozite değerinde azalma olduğu görülmüştür [60].

Yapılan başka bir çalışmada papaya, mango ve şeftali pürelерinin akış davranışlarında pH'nın (doğal pH'larında ve pH 3'te), sıcaklığın (10-55 °C) ve glukoz ilavesinin (12-52 °Briks) etkisini incelemişler ve akış eğrilerinin Herschel- Bulkley modeline uyduğunu belirtmişlerdir. Yine bu çalışmaya göre sıcaklığın akış davranış indeksi üzerinde çok az, akma gerilimi üzerine ise ciddi etkisinin olduğu belirlenmiştir [61].

Papaya püresi ile yapılan bir çalışmada, pH değerindeki artışın reolojik özellikler üzerine etkili olduğu belirlenmiştir. Çalışmaya göre, pH değerindeki artış, kıvam katsayısı değerinin yükselmesine, akış davranış indeksi değerinin ve görünür viskozite değerinin azalmasına neden olmuştur [62].

Sıcaklıkla konsantrasyonun etkilerinin araştırıldığı, yabanmersini meyvesinin reolojik özellikleri üzerine yapılan çalışmada, 25°C ve 60°C sıcaklıkta toplam çözünür katı madde konsantrasyonunun artması ile görünür viskozite değerinde artış gözleendiği, ancak 25°C'deki viskozitenin artış miktarının 60°C'ye göre daha az olduğu belirlenmiştir [63].

Meyankökü (*Glycyrrhiza glabra*) ekstraktının çeşitli sıcaklık (10-60°C) aralıklarında ve 3-50°Briks değerlerinde viskozitesi ölçülmüş, tüm sıcaklık ve konsantrasyonlarda

Newton tipi davranış gösterdiği belirtilmiştir. Ayrıca çalışma sonucunda viskozitenin suda çözünen bileşenler azaldıkça viskozitede de azalma olduğunu, bu azalmanın nedeni olarak da parçacıklar arası mesafenin artması ile parçacıklar arası etkileşimdeki azalmadan kaynaklandığı ifade edilmiştir [64].

Gamların sinerjik etkileri ile ilgili yapılan bir çalışmada farklı gamlarla salep karışımlarının reolojik özellikleri belirlenmiştir. Guar gamın diğer gamlara göre salep ile sinerji etkisinin daha yüksek olduğu gözlenmiştir [51].

Yapılan başka bir çalışmada saf su içerisinde seyreltik ve konsantre Aeromonas gam çözeltilerinin reolojik özelliklerini belirlenmiştir. Bu çalışmaya göre polisakkarit konsantrasyonunun artması ile sıfır kayma viskozitesinde ve özgül viskozitede artış olduğu saptanmıştır [65].

Literatürdeki çalışmalara bakıldığında gamların sinerjik etkilerini belirlemeye yönelik değişik ortamlarda (şeker, tuz gibi) reolojik çalışmalar yapılmıştır. Ancak değişik organik asit ortamlarında gam sinerjilerini saptamaya yönelik herhangi bir çalışmaya rastlanılamamıştır. Bu çalışmada ksantan gam, karboksimetil selüloz ve pektinin organik asitler (sitrik asit ve tartarik asit) ve şeker ortamındaki reolojik özellikleri belirlenmiştir.

2. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Bu çalışmada örneklerin oluşturulmasında organik asit olarak sitrik asit (Merck, Almanya) ve tartarik asit (Sigma Aldrich, Almanya) , gam olarak ksantan gam (Sigma, USA), pektin (Gülsan Gıda San. ve Tic. A.Ş.), karboksimetil selüloz (Sigma Aldrich, USA) ve toz şeker (Bayrak Gıda San. ve Tic. A.Ş) kullanılmıştır.

2.2. Yöntem

2.2.1. Gamlarda Yapılan Analizler

2.2.1.1. Nem Tayini

Örneklerin hazırlanmasında kullanılan gamların nem içerikleri nem tayin cihazı (Sartorius, MA30, Almanya) kullanılarak 105 °C'de belirlenmiştir. Bu analiz için 0,5 g gam darası alınmış cihaz kabına konarak 105 °C'de analiz edilmiştir. Sonuçlar % nem değeri olarak kaydedilmiştir.

2.2.1.2. pH Tayini

Örneklerin pH değerleri kalibre edilmiş pH metre (Hanna HI 2211, USA) kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla 0,5 g gam örneği 100 ml damıtık su ile karıştırılmış, gamların iyice hidrate olmaları sağlandıktan sonra pH metre probu solüsyona doğrudan batırılmış, pH metre ekranındaki değer sabitlenmesi için belirli bir süre beklenerek pH ölçümü gerçekleştirilmiştir [66].

2.2.1.3. Su Tutma Kapasitesi Analizi

Gamların su tutma kapasitesi analizinde 0,5 g gam örneği 50 ml damıtık su ile vorteks (IKA Genius 3, Almanya) yardımıyla 1 dakika süre ile karıştırılmış, ardından tüplere 1600 devir/dakikada 10 dakika santrifüj (Hettich, Universal 320, Almanya) işlemi uygulanmıştır. Santrifüj sonrası tüplerin üzerinde biriken fazla su mikro pipet yardımıyla alınmıştır. Örneklerin su tutma kapasiteleri aşağıdaki eşitlik kullanılarak belirlenmiştir [67].

$$\text{Su tutma kapasitesi (ml/g)} = \frac{W_s - W_0}{W_0}$$

Burada;

Ws: Sediment ağırlığı (g)

Wö: Örnek gamın ağırlığı (g)

2.2.1.4. Yağ Tutma Kapasitesi Analizi

Gamların yağ tutma kapasitesi analizinde 0,5 g gam örneği 10 ml mısır yağı ile vorteks (IKA Genius 3, Almanya) yardımıyla 1 dakika süre ile karıştırılmış, ardından tüplere 800 devir/dakikada 10 dakika santrifüj (Hettich, Universal 320, Almanya) işlemi uygulanmıştır. Santrifüj sonrası tüplerin üzerinde biriken fazla yağ mikro pipet yardımıyla alınmıştır. Örneklerin yağ tutma kapasiteleri aşağıdaki eşitlik kullanılarak belirlenmiştir [67].

$$\text{Yağ tutma kapasitesi (ml/g)} = \frac{W_s - W_0}{W_0}$$

Burada;

Ws: Sediment ağırlığı (g)

Wö: Örnek gamın ağırlığı (g)

2.2.2. Model Oluştururken Örneklerin Hazırlanması

Bu çalışmada kullanılan gam ve organik asit modelinde; gamların organik asit ortamında gösterecekleri sinerjik etkileri gözlemlemek için merkezi karmaşık tasarım kapsamında Windows tabanlı Design Expert® 7.0.0, (Stat-Ease, Inc., Minneapolis, MN, USA) yazılımı ile yapılan deneysel model Tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1. Çalışma kapsamında kullanılan merkezi karmaşık tasarım için değerler

Deneme Noktası	Kodlu değerler			Aktüel değerler (%)		
	Ksantan	CMC	Pektin	Ksantan	CMC	Pektin
1	1,000	0,000	0,000	100	0	0
2	0,000	0,000	1,000	0	0	100
3	0,000	1,000	0,000	0	100	0
4	0,500	0,500	0,000	50	50	0
5	0,167	0,667	0,167	16,7	66,7	16,7
6	0,667	0,167	0,167	66,7	16,7	16,7
7	0,000	0,000	1,000	0	0	100
8	0,167	0,167	0,667	16,7	16,7	66,7
9	0,000	0,500	0,500	0	50	50
10	0,500	0,000	0,500	50	0	50
11	0,333	0,333	0,333	33,3	33,3	33,3
12	1,000	0,000	0,000	100	0	0
13	0,000	1,000	0,000	0	100	0

CMC: Karboksimetil selüloz

Tablo 2.1’de verilen her bir deneme noktası için örnekler ayrı ayrı hazırlanarak her bir örnekte fizikokimyasal ve reolojik analizler yapılmıştır.

Örneklerin hazırlanması amacıyla, 100 ml saf su 40 °C’ye kadar ısıtılmıştır. Model sistemin oluşumu için gerekli olan önceden tartılarak hazırlanan gam karışımları % 0,5 oranında saf suya ilave edilmiştir ve 15 dk süreyle 1000 rpm’de kontrollü termometreye (VWR VT5, Almanya) sahip magnetik karıştırıcıda (IKA RCT classic, Almanya) karıştırılmıştır. Model sistemde gerekli olan toz şeker (150,00 g) ve gamların sinerjik özellikleri üzerindeki etkisi çalışılan ilgili organik asit miktarı (% 0,1) ilave edilerek iyice çözümleri sağlanmıştır.

Sıcaklık 75 °C'ye çıkarılarak solüsyon bu sıcaklıkta 1 saat süreyle 1000 rpm'de kontrollü termometreye sahip magnetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Soğumaya bırakılan solüsyon gamların tam olarak hidrate olmalarını sağlamak amacıyla 100 rpm'de magnetik karıştırıcıda karıştırılarak 24 saat süreyle bekletilmiştir. Analizlere başlanmadan önce solüsyon içerisindeki hava karbancıklarının uzaklaştırılması amacıyla hazırlanan örneklere 3000 devir/dakikada 5 dakika santrifüj (Hettich, Universal 320, Almanya) işlemi uygulanmıştır.

2.2.3. Örneklerde Yapılan Analizler

2.2.3.1. Fizikokimyasal Analizler

2.2.3.1.1. pH Tayini

Örneklerin pH değerleri kalibre edilmiş pH metre (Hanna HI 2211, USA) kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla pH metre probu solüsyona doğrudan batırılmış, pH metre ekranındaki değerin sabitlenmesi için belirli bir süre beklenerek pH ölçümü gerçekleştirilmiştir [66].

2.2.3.1.2. Titrasyon Asitliği Tayini

50 g örnek tartılıp damıtık su ile 500 ml'ye saf su ile seyreltilmiş, seyreltilen örnekten 100 ml alınarak 1 ml fenolftalein indikatörü ilave edilerek pembe renk oluşumu gözlenene kadar 0,1 N NaOH (sodyum hidroksit) ile titre edilmiştir [66].

$$\text{Titration asitliği } \% = \frac{V \cdot F \cdot E \cdot 100}{M}$$

Burada;

V = Harcanan 0,1 N NaOH miktarı, ml

F = Titrasyonda kullanılan bazın normalitesi eğer tam 0,1 değilse bu çözeltinin faktörü.

Çözeltinin normalitesi tam 0,1 ise F=1'dir.

E = 1 ml 0,1 N NaOH'in eşdeğer asit miktarı (sitrik asit, susuz: 0,006404; tartarik asit: 0,007505)

M = Titre edilen örneğin gerçek miktarı, ml veya g

2.2.3.1.3. Bulanıklık Tayini

Örnek solüsyonlarda bulanıklık değerleri otomatik türbidimetre (Hach 2100N, USA) kullanılarak tespit edilmiş ve sonuçlar NTU (Nephelometric Turbidity Unit) olarak ifade edilmiştir.

2.2.3.1.4. Su Aktivitesi Tayini

Örneklerin su aktivitesi değerlerinin belirlenmesinde, su aktivitesi tayin cihazından (Aqua Lab 3TE, ABD) faydalanılmıştır.

2.2.3.1.5. Suda Çözünür Kuru Madde Tayini (% Briks Değeri)

Suda çözünmüş kuru madde tayini dijital otomatik refraktometre (Reichert AR 700 Automatic Refractometer, ABD) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Cihaz saf su ile kalibre edildikten sonra örneklerin 25 °C' deki % briks değerleri kaydedilmiştir [68].

2.2.3.2. Reolojik Analizler

Örnekler solüsyonların reolojik özelliklerinin belirlenmesinde koni-plaka ve plaka-plaka konfigürasyonlarına sahip, su banyosu (Thermo-Haake K15, Almanya) bağlantılı kesme kontrollü reometre (Thermo-Haake Rheostress 1, Almanya) kullanılmıştır.

2.2.3.2.1. Yatışkın Hal (Steady State) Reolojik Özelliklerin Belirlenmesi

Ölçümler koni-plaka konfigürasyonu ile gerçekleştirilmiştir. 0,85 ml solüsyon örneği mikropipet yardımıyla koni ile plaka (koni çapı: 35 mm, açısı: 4°, koni plaka aralığı: 0.14 mm) arasına konulmuş ve 25 °C sıcaklık değerinde 0.1-100 s⁻¹ aralığında kesmeye tabi tutulmuştur. Her bir kesme hızı değerinde 10s bekleme yapıldıktan sonra örneklerin görünür viskozite değerleri ile kesme stresi verileri tespit edilmiştir. Belirlenen kesme hızı aralığında toplam 25 adet veri elde edilmiştir. Bütün reolojik ölçümler 5 paralel olarak gerçekleştirilmiştir. Örneklere ait kıvam katsayısı ve akış davranış indeksi değerleri Ostwal de Walle modeli ile belirlenmiştir. Veri eldesinde RheoWin Data Pro yazılımı ve elde edilen verilerin reolojik modeller vasıtasıyla analizinde ise RheoWin Data Manager yazılımları kullanılmıştır.

2.2.3.2.2. Dinamik Titreşimli Kayma (Dynamic Shear) Akış Davranış Özelliklerinin Belirlenmesi

Model sistemde organik asit ortamında hazırlanmış olan gamların karışım halinde sergileyecekleri dinamik davranışın belirlenerek viskoelastik özelliklerinin karakterize edilebilmesi amacıyla, örnekler önce basınç süpürmesi (stress sweep) testine daha sonra ise frekans süpürmesi (frequency sweep) testine tabi tutulmuştur.

2.2.3.2.2.1. Basınç Süpürmesi (Stress Sweep) Testi

Ölçümler plaka-plaka konfigürasyonu ile gerçekleştirilmiştir. 0,75 ml solüsyon örneği mikropipet yardımıyla plakalar (plaka çapı: 35 mm, plaka-plaka aralığı: 0,5 mm) arasına konmuş ve 25 °C sıcaklık değerinde 0,1-10 Pa aralığında ve sabit 0,1 frekansta artan basınç uygulamasına maruz bırakılmış ve yapıdaki deformasyon şekillendirilmiştir. Bu yöntem ile örnek solüsyonunun lineer viskoelastik bölgesinin başladığı nokta tespit edilmiş ve diğer osilasyon analizleri bu noktada belirlenmiştir.

2.2.3.2.2.2. Frekans Süpürmesi (Frequency Sweep) Testi

Stress sweep testi sonrası belirlenen lineer viskoelastik bölgenin başlangıç değeri (bu bölgenin başladığı, deformasyonun en az olduğu nokta) stres olarak belirlenmiş ve frekans süpürmesi (frequency sweep) testleri bu stres noktasında gerçekleştirilmiştir. Ölçümler plaka-plaka konfigürasyonu ile gerçekleştirilmiştir. 0,75ml solüsyon örneği mikropipet yardımıyla plakalar (plaka çapı: 35 mm, plaka-plaka aralığı: 0,5 mm) arasına konmuş ve 25 °C sıcaklık değerinde 0,2 Pa strete 0,1-10 Hz frekans aralığında örnekler osilasyon kesme işlemine maruz bırakılmıştır. Bu test ile örneklerin depo modülü (G'), viskoz modülü (G''), kompleks modülü (G^*), kompleks viskozitesi (η^*) ve tanjant delta ($\tan \delta$) değerleri belirlenmiştir

2.2.3.3. İstatistiksel Analizler

Çalışmada 13 noktalı merkezi karışım dizaynı kullanılmıştır. Kurulan dizaynda yer alan deneme noktalarına göre yürütülen analizler neticesinde elde edilen tepkiler Design Expert[®] 7.0.0, (Stat-Ease, Inc., Minneapolis, MN, USA) programı yardımıyla modellenmiştir.

Çalışmada kullanılan gamların fizikokimyasal analizleri sonucunda elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirilmesinde SPSS 15.0. Windows paket programı kullanılmış, gruplar arasında fark olup olmadığı ANOVA testi kullanılarak tespit edilmiştir.

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Gamlarda Yapılan Analizler

Örneklerin hazırlanmasında kullanılan gamların pH, nem, su tutma kapasitesi ve yağ tutma kapasitesi analiz sonuçları Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1. Gamların pH, nem, su tutma kapasitesi, yağ tutma kapasitesi değerleri

Örnek	pH	Nem (%)	Su Tutma Kapasitesi (mL/g)	Yağ Tutma Kapasitesi (mL/g)
CMC	6,77 ± 0,02 ^a	8,50 ± 0,15 ^b	12,42 ± 0,28 ^b	3,17 ± 0,17 ^a
Ksantan	6,11 ± 0,02 ^b	10,21 ± 0,12 ^a	33,32 ± 0,23 ^a	3,38 ± 0,20 ^a
Pektin	3,86 ± 0,01 ^c	6,61 ± 0,06 ^c	10,28 ± 0,21 ^c	3,05 ± 0,03 ^b

CMC: Karboksümetil selüloz

*Her bir sütundaki farklı harfler veriler arasında istatistiksel olarak (p<0,05) farklılık olduğunu göstermektedir.

Tablo 3.1’e göre kullanılan gamlardan en düşük pH değerine sahip olan gam pektindir ve pH’sı 3,86 olarak bulunmuştur. En yüksek pH değeri ise 6,77 olarak CMC’de saptanmıştır. En yüksek nem miktarı %10,21 oranıyla ksantan gamda, en düşük nem miktarı ise % 6,11 değerinde pektine aittir.

Gamların su tutma kapasitelerine bakıldığında 33,32 ml/g ile en yüksek su tutma kapasitesi ksantan gamda, en düşük su tutma kapasitesi 10,28 ml/g ile pektinde tespit edilmiştir. Yağ tutma kapasitelerinde de 3,38 ml/g ile ksantan gam en yüksek, 3,05 ml/g ile pektin en düşük değere sahiptir.

3.2. Örneklerde Yapılan Analizler

Elde edilen verilere göre sonuçların analizi, model belirlenmesi ve optimizasyon Design Expert 7.0.0 programı kullanılarak yapılmıştır.

3.2.1. Fizikokimyasal Analizler

3.2.1.1. pH Tayini

Sitrik asit ve şeker ortamında hazırlanan örneklerin pH değerlerine ait ANOVA tablosu Tablo 3.2’de verilmiştir. Model ve lineer karışımın pH üzerine etkisinin önemli olduğu görülmektedir. Model seçiminde sistem $p > 0,05$ olan değerleri elimine etmiştir. Buna göre sadece AB (Ksantan-CMC) etkileşiminin önemli olduğu da görülmektedir. Ayrıca uyum eksikliği önemsiz bulunmuştur.

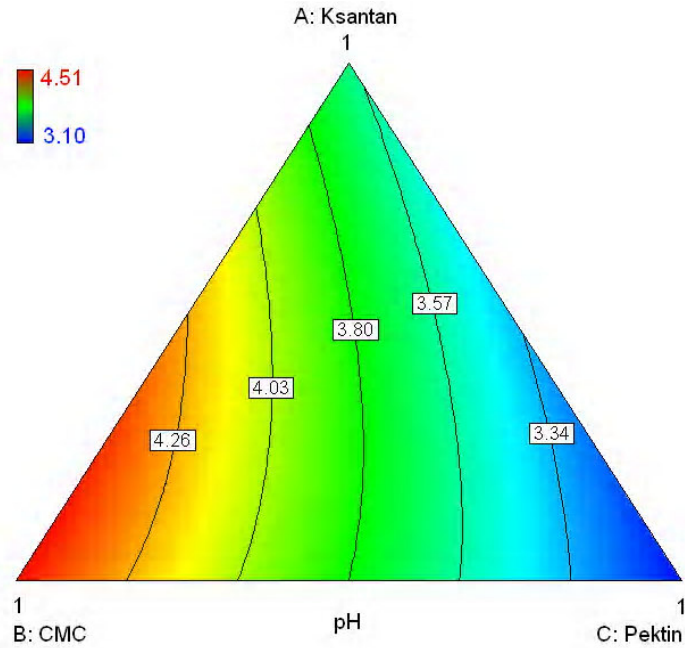
Tablo 3.2. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin pH değerlerine ait ANOVA tablosu

Kaynak		Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri	p-değeri Prob > F
Model		2,69	3	0,90	98,88	< 0,0001*
Lineer Karışım		2,63	2	1,32	145,27	< 0,0001
AB		0,055	1	0,055	6,11	0,0355
Uyum Eksikliği		0,077	6	0,013	8,74	0,0516
Standart Sapma	0,095					
Ortalama	3,78					
Varyasyon Katsayısı	2,52					
Regresyon Eşitliği					R²	
Y = 3,60 A + 4,49 B + 3,12 C + 0,93 AB					0,9706	

* $p < 0,05$ SD : Serbestlik derecesi R² : Determinasyon katsayısı

A: Ksantan B: CMC C: Pektin

Sitrik asit ve şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının pH değerlerine ait üçlü kontur grafiğine bakıldığında (Şekil 3.1) en düşük pH değerinin 3,10; en yüksek pH değeri 4,51 olduğu görülmektedir. Ayrıca pH değeri CMC oranı arttıkça artmakta, pektin oranı arttıkça azalmaktadır ($p < 0,05$).



Şekil 3.1. Sitrik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının pH değerlerine ait kontur grafiği

Sitrik asit, şeker ortamında hazırlanan örneklerin pH değerleri maksimize ve minimize edilerek optimizasyonları yapılmıştır. Tablo 3.3'te sitrik asit ve şeker ortamında hazırlanan örneklerin pH değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon seçenekleri verilmiştir. Bu maksimize edilmiş değerlere bakıldığında istenirlik 0,989 olan iki adet optimizasyon seçeneğinin verildiği görülmektedir. Her iki seçenekte de pektin hiç bulunmazken en yüksek orana sahip olan gamın CMC olduğu görülmektedir. Ayrıca eşit oranlarda CMC ve ksantan gamın karıştırılmasıyla hazırlanacak olan örnekte 0,836 istenirlikle pH değerinin 4,28 olduğu görülmektedir.

Tablo 3.3. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin pH değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	pH	İstenirlik
1	0,019	0,981	0,000	4,49	0,989
2	0,000	1,000	0,000	4,49	0,989
3	0,500	0,500	0,000	4,28	0,836

CMC: Karboksimetil selüloz

Tablo 3.4'te ise sitrik asit ve şeker ortamında hazırlanan örneklerin pH değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon seçeneği verilmiştir. Bu seçenekteki değerlere bakıldığında sadece pektin içeren bir adet optimizasyon seçeneği görülmektedir. Bu optimizasyon seçeneğinden sadece pektin kullanılarak hazırlanacak örneğin 0,990 istenirlikle pH değerinin 3,12 ile en düşük pH olacağı anlaşılmaktadır.

Tablo 3.4. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin pH değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	pH	İstenirlik
1	0,000	0,000	1,000	3,12	0,990

CMC: Karboksimetil selüloz

Tablo 3.5'te tartarik asit ve şeker ortamında hazırlanan örneklerin pH değerlerine ait ANOVA tablosu verilmiştir. ANOVA tablosuna göre model ve lineer karışımın pH üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli oldukları görülmektedir. Model seçiminde sistem $p > 0,05$ olan değerleri elimine etmiştir. Uyum eksikliği de önemli bulunmuştur ancak determinasyon katsayısı 0,9836 olarak yüksek bulunmuştur. Bu da modelin açıklanabileceğini göstermektedir.

Tablo 3.5. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin pH değerlerine ait ANOVA tablosu

Kaynak	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri	p-değeri Prob > F
Model	2,13	2	1,07	300,75	<0,0001*
Lineer Karışım	2,13	2	1,07	300,75	<0,0001
Uyum Eksikliği	0,034	7	4,862E-003	10,60	0,0392
Standart Sapma	0,060				
Ortalama	3,41				
Varyasyon Katsayısı	1,74				
Regresyon Eşitliği				R²	
Y = 3,27 A + 4,12 B + 2,84 C				0,9836	

* p<0,05 SD : Serbestlik derecesi R² : Determinasyon katsayısı

A: Ksantan B: CMC C: Pektin

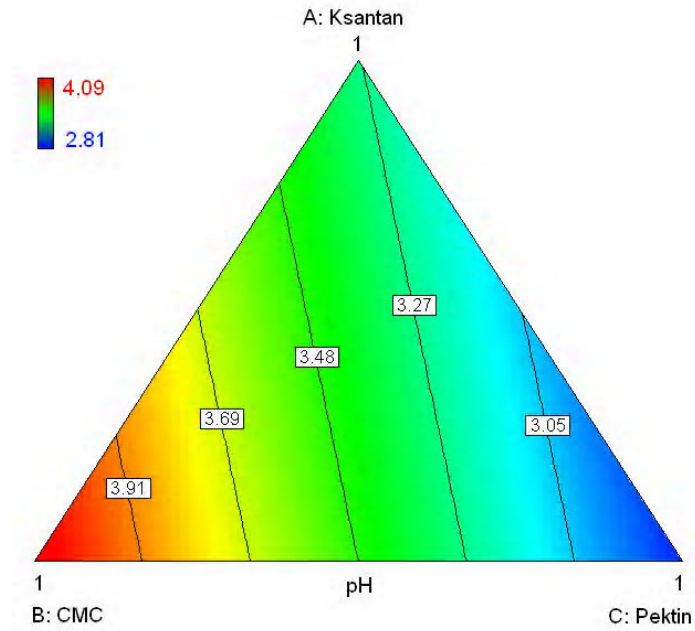
Şekil 3.2’de tartarik asit, şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının pH değerlerine ait üçlü kontur grafiği gösterilmiştir. En yüksek pH değeri 4,09 iken en düşük pH değerinin 2,81 olduğu görülmektedir. Ayrıca pH değeri CMC oranı arttıkça artmakta, pektin oranı arttıkça azalmaktadır (p<0,05).

Tablo 3.6’da örneklerin pH değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon değerleri görülmektedir. İstenirlik 1,000 olan iki optimizasyon seçeneği verilmiştir ve her iki seçenekte en az orana sahip olan gam pektin iken en yüksek orana sahip olan gam CMC olmuştur.

Tablo 3.6. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin pH değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	pH	İstenirlik
1	0,000	1,000	0,000	4,12	1,000
2	0,000	0,982	0,018	4,10	1,000

CMC: Karboksimetil selüloz



Şekil 3.2. Tartarik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının pH değerlerine ait kontur grafiği

pH değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon değerleri Tablo 3.7’de verilmiştir. Burada sadece pektin kullanılarak hazırlanacak örnekte 0,974 istenirlikle pH değerinin 2,84 ile en düşük pH olduğu görülmektedir.

Tablo 3.7. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin pH değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	pH	İstenirlik
1	0,000	0,000	1,000	2,84	0,974

CMC: Karboksimetil selüloz

3.2.1.2. Titrasyon Asitliği Tayini

Sitrik asit ve şeker ortamında hazırlanan örneklerin titrasyon asitliği değerlerine ait ANOVA tablosuna (Tablo 3.8) göre model ve lineer karışımın titrasyon asitliği üzerine etkilerinin önemli olduğu görülmektedir. ANOVA tablosuna göre uyum eksikliği de önemli bulunmuştur ancak determinasyon katsayısı 0,9235 olarak yüksek çıkmıştır.

Tablo 3.8. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin titrasyon asitliği değerlerine ait ANOVA tablosu

Kaynak	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri	p-değeri Prob > F
Model	5,733E-004	2	2,866E-004	60,34	< 0,0001*
Lineer Karışım	5,733E-004	2	2,866E-004	60,34	< 0,0001
Uyum Eksikliği	4,612E-005	7	6,589E-006	14,32	0,0258
Standart Sapma	2,179E-003				
Ortalama	0,097				
Varyasyon Katsayısı	2,25				
Regresyon Eşitliği				R²	
Y = 0,097 A + 0,086 B + 0,11 C				0,9235	

* $p < 0,05$ SD : Serbestlik derecesi R² : Determinasyon katsayısı

A: Ksantan B: CMC C: Pektin

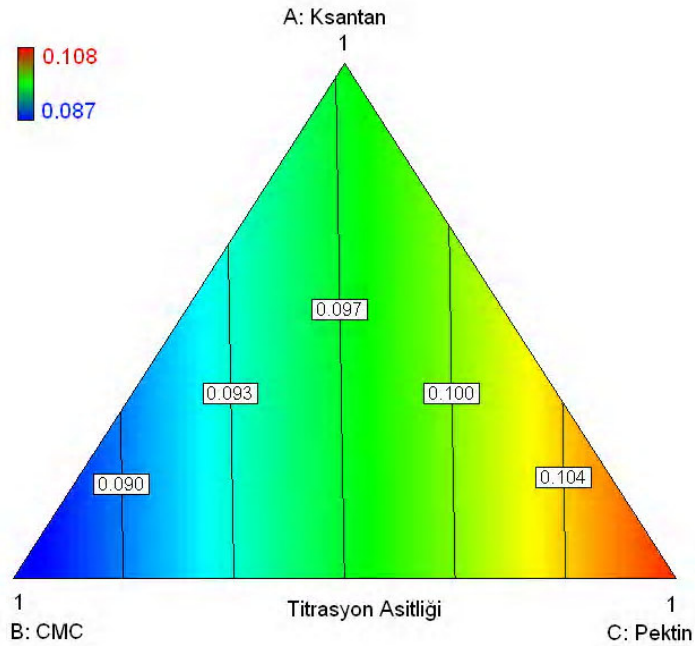
Sitrik asit ve şeker ortamında hazırlanan örneklere ait titrasyon asitliği kontur grafiğine (Şekil 3.3) göre titrasyon asitliği değerlerinin 0,087 ile 0,108 arasında değişmekte olduğu görülmektedir. Ayrıca CMC oranı arttıkça titrasyon asitliği değerinde azalma, pektin oranı arttıkça titrasyon asitliği değerinde artma olmaktadır ($p < 0,05$).

Sitrik asit, şeker ortamında hazırlanan örneklerin titrasyon asitliği değerleri maksimize edildiğinde (Tablo 3.9) istenirlik 0,971 olan maksimum titrasyon asitliği değerinin 0,108 olduğu ve bu örnekte sadece pektin kullanıldığı görülmektedir.

Tablo 3.9. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin titrasyon asitliği değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	Titrasyon Asitliği	İstenirlik
1	0,000	0,000	1,000	0,108	0,971

CMC: Karboksimetil selüloz



Şekil 3.3. Sitrik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının titrasyon asitliği değerlerine ait kontur grafiği

Minimize edilmiş optimizasyon değerlerine bakıldığında (Tablo 3.10) istenirlik değeri 1,000 olan dört adet minimize seçenek verilmiştir. Bütün seçeneklerde pektinin hiç kullanılmadığı, CMC oranının ise yüksek olduğu görülmektedir.

Tablo 3.10. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin titrasyon asitliği değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	Titrasyon Asitliği	İstenirlik
1	0,000	1,000	0,000	0,086	1,000
2	0,025	0,975	0,000	0,086	1,000
3	0,042	0,958	0,000	0,087	1,000
4	0,068	0,932	0,000	0,087	1,000

CMC: Karboksimetil selüloz

Tartarik asit ve şeker ortamında hazırlanan örneklerin titrasyon asitliği değerlerine ait ANOVA tablosu Tablo 3.11’de verilmiştir. ANOVA tablosuna göre, model ve lineer karışımın titrasyon asitliği üzerine etkilerinin önemli olduğu görülmektedir. Model seçiminde sistem $p > 0,05$ olan değerleri elimine ettiği için sadece AB (Ksantan-CMC) etkileşiminin önemli olduğu da görülmektedir.

Tablo 3.11. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin titrasyon asitliği değerlerine ait ANOVA tablosu

Kaynak	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri	p-değeri Prob > F
Model	1,448E-003	3	4,827E-004	15,86	0,0006*
Lineer Karışım	1,280E-003	2	6,401E-004	21,03	0,0004
AB	1,678E-004	1	1,678E-004	5,51	0,0434
Uyum Eksikliği	2,698E-004	6	4,496E-005	32,82	0,0079
Standart Sapma	5,517E-003				
Ortalama	0,11				
Varyasyon Katsayısı	4,89				
Regresyon Eşitliği				R²	
Y = 0,11 A + 0,092 B + 0,13 C + 0,051 AB				0,8409	

* $p < 0,05$ SD : Serbestlik derecesi R² : Determinasyon katsayısı

A: Ksantan B: CMC C: Pektin

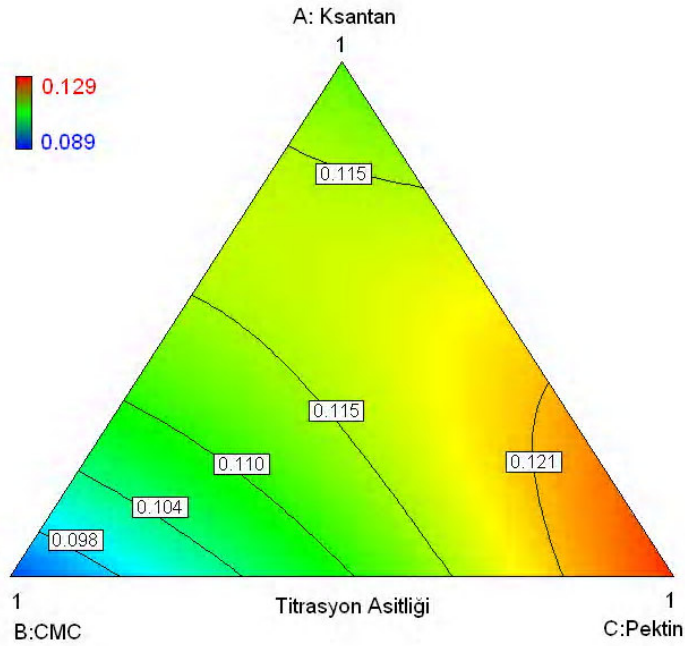
Tartarik asit ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının titrasyon asitliği değerlerine ait üçlü kontur grafiği Şekil 3.4'te gösterilmiştir. Grafiğe bakıldığında en yüksek titrasyon asitliği değerinin 0,129 iken en düşük titrasyon asitliği değerinin 0,089 olduğu görülmektedir. Ayrıca titrasyon asitliği değeri CMC oranı arttıkça azalmakta, pektin oranı arttıkça artmaktadır ($p < 0,05$).

Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin titrasyon asitliği değerleri maksimize ve minimize edilerek optimizasyonları yapılmıştır. Örneklerin titrasyon asitliği değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon değerlerine bakıldığında (Tablo 3.12) istenirlik 0,964 olan optimizasyon seçeneği verilmiştir. Bu seçeneğe göre sadece pektin ile hazırlanan örnekte titrasyon asitliği 0,127 ile maksimum değer alacaktır.

Tablo 3.12. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin titrasyon asitliği değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	Titrasyon Asitliği	İstenirlik
1	0,000	0,000	1,000	0,127	0,964

CMC: Karboksimetil selüloz



Şekil 3.4. Tartarik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının titrasyon asitliği değerlerine ait kontur grafiği

Örneklerin titrasyon asitliği değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon değerlerine bakıldığında (Tablo 3.13) sadece CMC kullanılarak hazırlanacak örnekte 0,922 istenirlikle titrasyon asitliği değerinin 0,092 ile en düşük titrasyon asitliği değeri olması beklenmektedir.

Tablo 3.13. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin titrasyon asitliği değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	Titrasyon Asitliği	İstenirlik
1	0,000	1,000	0,000	0,092	0,922

CMC: Karboksimetil selüloz

3.2.1.3. Bulanıklık Tayini

Sitrik asit, şeker ortamında hazırlanan örneklerin bulanıklık değerlerine ait ANOVA tablosu Tablo 3.14'te verilmiştir. Modelin, lineer karışımın ve uyum eksikliğinin bulanıklık üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Tablo 3.14. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin bulanıklık değerlerine ait ANOVA tablosu

Kaynak	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri	p-değeri Prob > F
Model	175,01	2	87,50	276,19	< 0,0001*
Lineer Karışım	175,01	2	87,50	276,19	< 0,0001
Uyum Eksikliği	3,17	7	0,45	1521,77	< 0,0001
Standart Sapma	0,56				
Ortalama	6,39				
Varyasyon Katsayısı	8,81				
Regresyon Eşitliği				R²	
Y = 12,85 A + 1,24 B + 5,07 C				0,9822	

* $p < 0,05$ SD : Serbestlik derecesi R² : Determinasyon katsayısı

A: Ksantan B: CMC C: Pektin

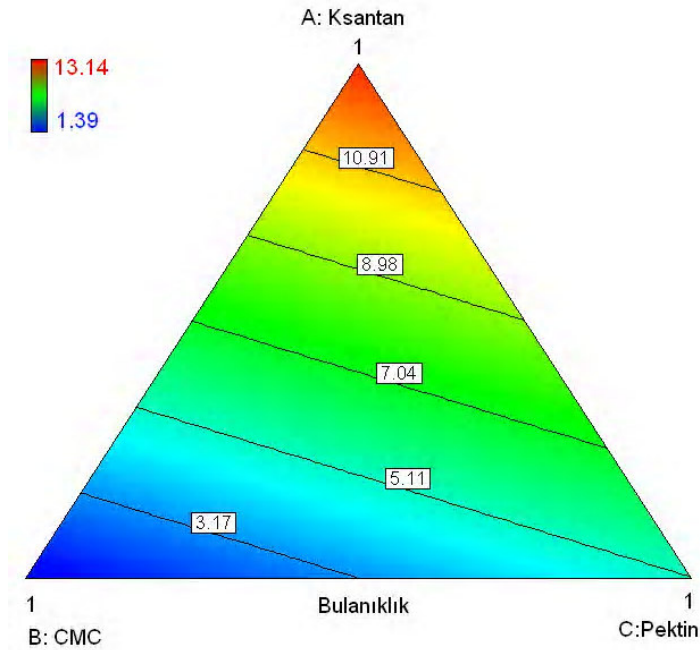
Sitrik asit ve şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının bulanıklık değerlerine ait üçlü kontur grafiğine (Şekil 3.5) bakıldığında en yüksek bulanık değerinin 13,14 NTU iken en düşük bulanıklık değerinin 1,39 NTU olduğu görülmektedir. Ayrıca ksantan gamın bulanıklık değerini arttırdığı gözlenmektedir ($p < 0,05$).

Sitrik asit, şeker ortamında hazırlanan örneklerde (Tablo 3.15) istenirlik 0,975 olan maksimum bulanıklık değeri 12,85 NTU olduğu belirtilmiştir. Maksimum bulanıklık değerini veren gam ksantan gam olmuştur.

Tablo 3.15. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin bulanıklık değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	Bulanıklık	İstenirlik
1	1,000	0,000	0,000	12,85	0,975

CMC: Karboksümetil selüloz



Şekil 3.5. Sitrik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının bulanıklık değerlerine ait kontur grafiği

Minimum bulanıklık değerinin (Tablo 3.16) ise sadece CMC kullanılarak hazırlanan örneğe ait olduğu belirtilmiştir. Minimum değer 1,24 NTU olduğu ve istenirlik oranının 1,000 olduğu gözlenmektedir.

Tablo 3.16. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin bulanıklık değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	Bulanıklık	İstenirlik
1	0,000	1,000	0,000	1,24	1,000

CMC: Karboksimetil selüloz

Tartarik asit ve şeker ortamında hazırlanan örneklerin bulanıklık değerlerine ait ANOVA tablosunda (Tablo 3.17) model ve lineer karışımın bulanıklık üzerine etkisinin önemli olduğu, uyum eksikliğinin ise önemsiz olduğu görülmektedir. Sistem $p > 0,05$ olan değeri elimine ettiğinde BC (CMC-Pektin) etkileşiminin önemli olduğu görülmektedir.

Tablo 3.17. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin bulanıklık değerlerine ait ANOVA tablosu

Kaynak	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri	p-değeri Prob > F
Model	148,77	3	49,59	573,88	<0,0001*
Lineer Karışım	147,84	2	73,92	855,41	<0,0001
BC	0,93	1	0,93	10,81	0,0094
Uyum Eksikliği	0,72	6	0,12	6,87	0,0712
Standart Sapma	0,29				
Ortalama	6,18				
Varyasyon Katsayısı	4,75				
Regresyon Eşitliği				R²	
Y = 11,77 A + 1,16 B + 6,16 C – 3,81 BC				0,9948	

* $p < 0,05$ SD : Serbestlik derecesi R² : Determinasyon katsayısı

A: Ksantan B: CMC C: Pektin

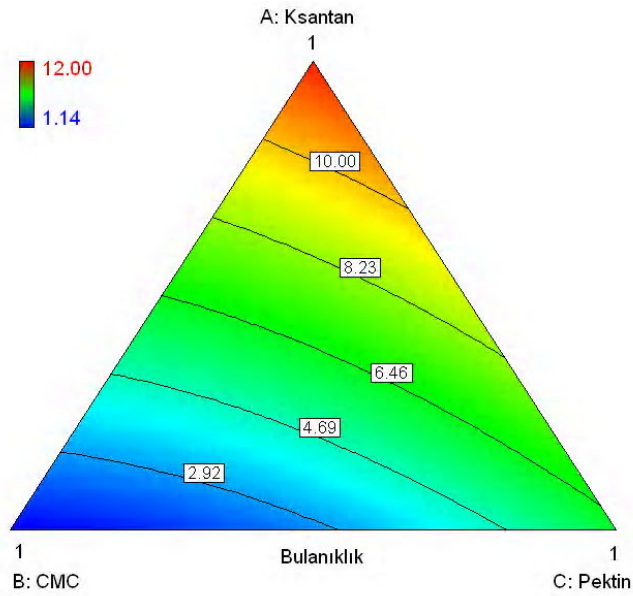
Şekil 3.6’da tartarik asit ve şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının bulanıklık değerlerine ait üçlü kontur grafiği gösterilmiştir. Tartarik asit ortamında bulanıklık değerlerinin 1,14 NTU ile 12 NTU arasında değiştiği, bu değerlerin ksantan gam oranı arttıkça arttığı, CMC oranı arttıkça azaldığı grafikte görülmektedir ($p < 0,05$).

Tartarik asit, şeker ortamındaki bulanıklık değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon değerlerine bakıldığında (Tablo 3.18) istenirlik 0,978 olan optimizasyon seçeneğinde sadece ksantan gam kullanılarak maksimum bulanıklık değeri elde edileceği görülmektedir.

Tablo 3.18. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin bulanıklık değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	Bulanıklık	İstenirlik
1	1,000	0,000	0,000	11,77	0,978

CMC: Karboksimetil selüloz



Şekil 3.6. Tartarik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının bulanıklık değerlerine ait kontur grafiği

Minimize edilmiş bulanıklık değerlerine bakıldığında (Tablo 3.19) ise sadece CMC kullanılarak hazırlanacak örnekte 0,999 istenirlikle bulanıklık değerinin 1,16 NTU ile en düşük bulanıklık değeri olduğu verilmiştir.

Tablo 3. 19. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin bulanıklık değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	Bulanıklık	İstenirlik
1	0,000	1,000	0,000	1,16	0,999

CMC: Karboksimetil selüloz

3.2.1.4. Su Aktivitesi Tayini

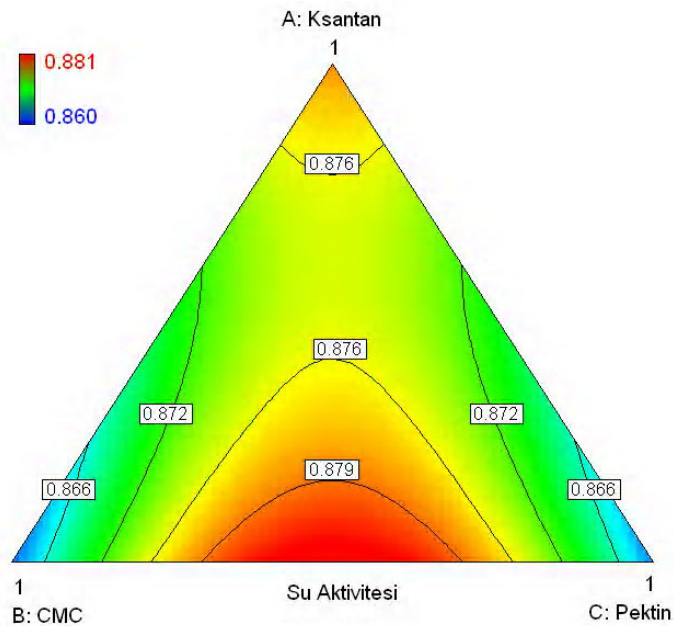
Tablo 3.20’de sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin su aktivitesi değerlerine ait ANOVA tablosu verilmiştir. Buna göre modelin, lineer karışımın ve BC (CMC-Pektin) su aktivitesi üzerine etkilerinin önemli oldukları görülmektedir. Bunun yanı sıra uyum eksikliği önemsiz bulunmuştur.

Tablo 3.20. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin su aktivitesi değerlerine ait ANOVA tablosu

Kaynak		Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri	p-değeri Prob > F
Model		6,183E-004	3	2,061E-004	11,25	0,0021*
Lineer Karışım		2,024E-004	2	1,012E-004	5,52	0,0272
BC		4,158E-004	1	4,158E-004	22,70	0,0010
Uyum Eksikliği		1,374E-004	6	2,289E-005	2,49	0,2423
Standart Sapma	4,280E-003					
Ortalama	0,87					
Varyasyon Katsayısı	0,49					
Regresyon Eşitliği					R²	
$Y = 0,88 A + 0,86 B + 0,86 C + 0,08 BC$					0,7894	

* $p < 0,05$ SD : Serbestlik derecesi R² : Determinasyon katsayısı
A: Ksantan B: CMC C: Pektin

Sitrik asit ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının su aktivitesi değerlerine ait üçlü kontur grafiği Şekil 3.7’de gösterilmiştir. Grafikte gösterildiği üzere en yüksek su aktivitesi değeri 0,881; en düşük su aktivitesi değeri ise 0,860’dır.



Şekil 3.7. Sitrik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının su aktivitesi değerlerine ait kontur grafiği

Sitrik asit ve şeker ortamında hazırlanan örneklerin su aktivitesi değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon değerlerine bakıldığında (Tablo 3.21) istenirlik 1,000 olan sekiz adet optimizasyon seçeneği verilmiştir. Bu optimizasyon seçeneklerinde ksantan gamın olmadığı CMC ve pektinin değişik oranlarda kullanıldığı görülmektedir.

Tablo 3.21. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin su aktivitesi değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	Su Aktivitesi	İstenirlik
1	0,000	0,464	0,536	0,882	1,000
2	0,000	0,479	0,521	0,882	1,000
3	0,000	0,428	0,572	0,882	1,000
4	0,000	0,522	0,478	0,882	1,000
5	0,000	0,449	0,551	0,882	1,000
6	0,000	0,506	0,494	0,882	1,000
7	0,000	0,590	0,410	0,881	1,000
8	0,000	0,403	0,597	0,881	1,000

CMC: Karboksimetil selüloz

Bu örneklerin minimize edilmiş optimizasyon seçeneklerine bakıldığında (Tablo 3.22) 0,897 ve 0,892 istenirlik oranına sahip iki adet seçenek verilmiştir. Bu seçeneklerde sadece CMC kullanımı ya da sadece pektin kullanımıyla en düşük su aktivitesi değerinin elde edildiği belirtilmektedir.

Tablo 3.22. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin su aktivitesi değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	Su Aktivitesi	İstenirlik
1	0,000	0,000	1,000	0,862	0,897
2	0,000	1,000	0,000	0,862	0,892

CMC: Karboksimetil selüloz

Tartarik asit ve şeker ortamında hazırlanan örneklerin su aktivitesi değerlerine ait ANOVA tablosunda (Tablo 3.23) model ve lineer karışımın su aktivitesi üzerine etkisinin önemli olduğu görülmektedir. Modelde $p > 0,05$ olan değerler elimine edildiğinde BC (CMC-Pektin) etkileşiminin de önemli olduğu görülmektedir.

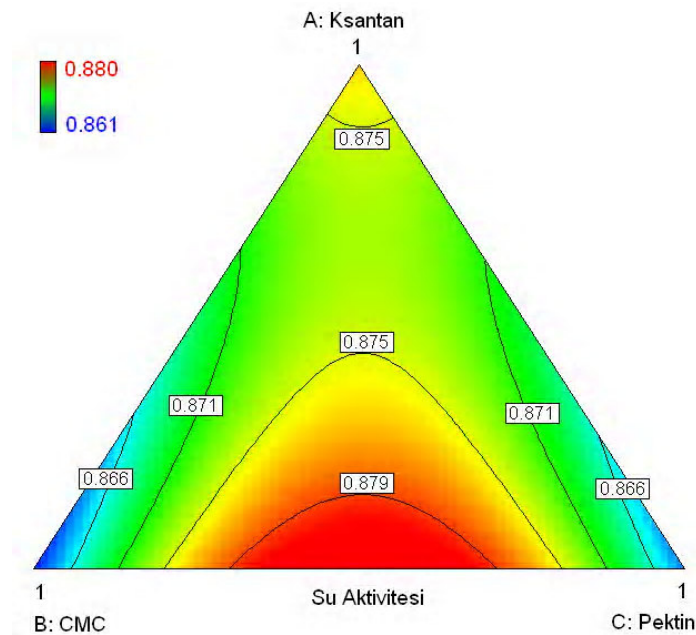
Tablo 3.23. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin su aktivitesi değerlerine ait ANOVA tablosu

Kaynak	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri	p-değeri Prob > F
Model	5,490E-004	3	1,830E-004	19,34	0,0003*
Lineer Karışım	1,279E-004	2	6,394E-005	6,76	0,0161
BC	4,211E-004	1	4,211E-004	44,51	< 0,0001
Uyum Eksikliği	8,094E-005	6	1,349E-005	9,64	0,0451
Standart Sapma	3,076E-003				
Ortalama	0,87				
Varyasyon Katsayısı	0,35				
Regresyon Eşitliği					R²
Y = 0,88 A + 0,86 B + 0,86 C + 0,081 BC					0,8657

* $p < 0,05$ SD : Serbestlik derecesi R² : Determinasyon katsayısı

A: Ksantan B: CMC C: Pektin

Tartarik asit ve şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının su aktivitesi değerlerine ait üçlü kontur grafiğinde (Şekil 3.8) en yüksek su aktivitesi değerinin 0,880 iken en düşük su aktivitesi değerinin 0,861 olduğu görülmektedir ($p < 0,05$).



Şekil 3.8. Tartarik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının su aktivitesi değerlerine ait kontur grafiği

Tartarik asit, şeker ortamında hazırlanan örneklerin su aktivitesi değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon değerlerine göre (Tablo 3.24) istenirlik 1,000 olan 10 adet optimizasyon seçeneğinin olduğu görülmektedir. Burada maksimum su aktivite değerlerinin 0,883 ile 0,882 olması beklenmektedir.

Tablo 3.24. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin su aktivitesi değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	Su Aktivitesi	İstenirlik
1	0,000	0,509	0,491	0,883	1,000
2	0,000	0,471	0,529	0,883	1,000
3	0,000	0,486	0,514	0,883	1,000
4	0,027	0,512	0,461	0,882	1,000
5	0,012	0,553	0,436	0,882	1,000
6	0,000	0,427	0,573	0,882	1,000
7	0,000	0,587	0,413	0,882	1,000
8	0,000	0,409	0,591	0,882	1,000
9	0,000	0,445	0,555	0,882	1,000
10	0,000	0,538	0,462	0,882	1,000

CMC: Karboksimetil selüloz

Örneklerin su aktivitesi değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon değerlerine göre sadece CMC ve sadece pektin kullanılarak hazırlanacak örneklerde sırasıyla 0,968 ve 0,918 istenirlikle su aktivitesi değerlerinin 0,862 ve 0,863 ile en düşük su aktivitesi olduğu Tablo 3.25' te verilmiştir.

Tablo 3.25. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin su aktivitesi değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	Su Aktivitesi	İstenirlik
1	0,000	1,000	0,000	0,862	0,968
2	0,000	0,000	1,000	0,863	0,918

CMC: Karboksimetil selüloz

3.2.1.5. Suda Çözünür Kuru Madde (% Briks) Tayini

Tablo 3.26’da verilen sitrik asit ve şeker ortamında hazırlanan örneklerin % briks değerlerine ait ANOVA tablosundan görüldüğü üzere model ve lineer karışımın % briks üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli oldukları görülmektedir. Ayrıca sistem model seçiminde $p>0,05$ olan değerleri elimine etmiştir. Buna göre AB (Ksantan-CMC) ve AC (Ksantan-Pektin) etkileşimlerinin de % briks üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli oldukları görülmektedir.

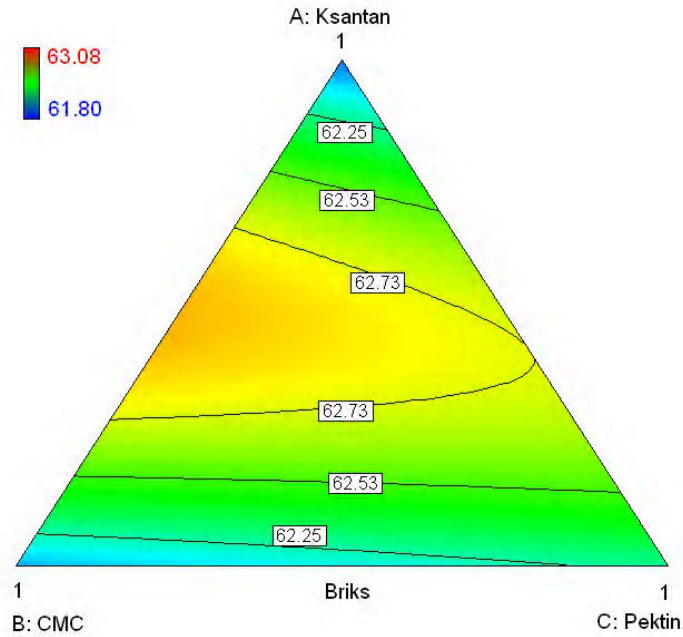
Tablo 3.26. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin briks değerlerine ait ANOVA tablosu

Kaynak	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri	p-değeri Prob > F
Model	1,35	4	0,34	5,81	0,0171*
Lineer Karışım	0,041	2	0,021	0,36	0,7109
AB	0,80	1	0,80	13,69	0,0060
AC	0,40	1	0,40	6,90	0,0304
Uyum Eksikliği	0,46	5	0,093	217,02	0,0005
Standart Sapma	0,24				
Ortalama	62,35				
Varyasyon Katsayısı	0,39				
Regresyon Eşitliği				R²	
$Y = 61,89 A + 62,04 B + 62,28 C + 3,54 AB + 2,51 AC$				0,7440	

* $p<0,05$ SD : Serbestlik derecesi R² : Determinasyon katsayısı

A: Ksantan B: CMC C: Pektin

Sitrik asit ve şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının % briks değerlerine ait üçlü kontur grafiğinde (Şekil 3.9) en yüksek briks değerinin 63,08 iken en düşük briks değerinin 61,80 olduğu görülmektedir ($p<0,05$).



Şekil 3.9. Sitrik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının briks değerlerine ait kontur grafiği

Sitrik asit, şeker ortamında hazırlanan örneklerin % briks değerlerine ait maksimize değerlerine bakıldığında (Tablo 3.27) istenirlik 0,822 olan optimizasyon seçeneğinde pektin hiç bulunmazken yaklaşık oranlarda CMC ve pektin karıştırılarak hazırlanacak örnekte en yüksek briks değerine ulaşılması beklenmektedir.

Tablo 3.27. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin briks değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	Briks	İstenirlik
1	0,479	0,521	0,000	62,85	0,822

CMC: Karboksimetil selüloz

Örneklerin briks değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon değerlerine bakıldığında (Tablo 3.28) ise sadece ksantan ve sadece CMC kullanılarak hazırlanacak örneklerde sırasıyla 0,929 ve 0,813 istenirliklerle en düşük briks değerleri olması beklenmektedir.

Tablo 3.28. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin briks değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	Briks	İstenirlik
1	1,000	0,000	0,000	61,89	0,929
2	0,000	1,000	0,000	62,04	0,813

CMC: Karboksimetil selüloz

Tartarik asit, şeker ortamında hazırlanan örneklerin % briks değerlerine ait ANOVA tablosunda (Tablo 3.29) model ve lineer karışımın briks üzerine etkilerinin önemli oldukları görülmektedir. Ayrıca AB (Ksantan-CMC) etkileşiminin önemli olduğu da görülmektedir.

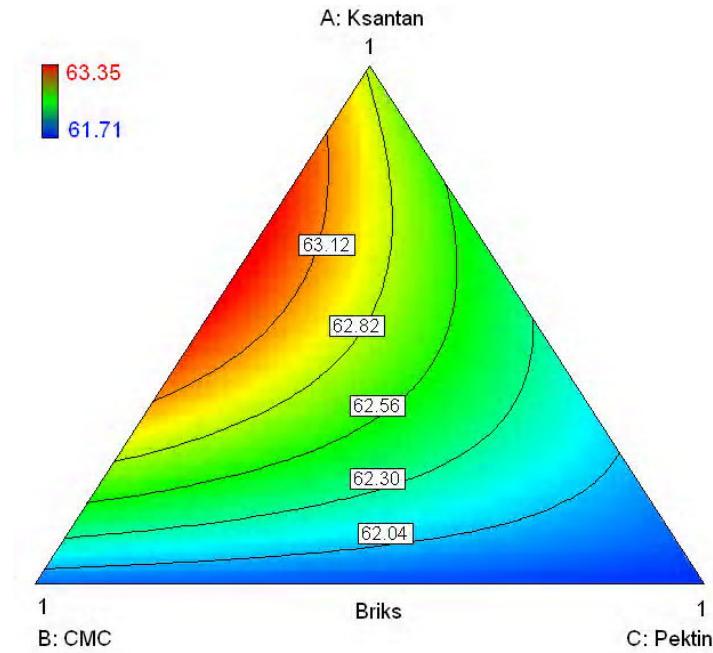
Tablo 3.29. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin briks değerlerine ait ANOVA tablosu

Kaynak	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri	p-değeri Prob > F
Model	3,17	3	1,06	24,19	0,0001*
Lineer Karışım	2,15	2	1,08	24,60	0,0002
AB	1,02	1	1,02	23,38	0,0009
Uyum Eksikliği	0,38	6	0,064	21,08	0,0150
Standart Sapma	0,21				
Ortalama	62,34				
Varyasyon Katsayısı	0,34				
Regresyon Eşitliği				R²	
Y = 62,79 A + 61,89 B + 61,78 C + 3,99 AB				0,8897	

* $p < 0,05$ SD : Serbestlik derecesi R² : Determinasyon katsayısı

A: Ksantan B: CMC C: Pektin

Tartarik asit ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının %briks değerlerine ait üçlü kontur grafiğinde (Şekil 3.10) en yüksek briks değerinin 63,35 iken en düşük briks değerinin 61,71 olduğu görülmektedir.



Şekil 3.10. Tartarik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının briks değerlerine ait kontur grafiği

Tartarik asit, şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının maksimize edilmiş briks değerlerinde (Tablo 3.30) istenirliği 1,000 olan beş adet optimizasyon seçeneği verilmiştir.

Tablo 3.30. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin briks değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	Briks	İstenirlik
1	0,617	0,383	0,000	63,39	1,000
2	0,584	0,416	0,000	63,39	1,000
3	0,673	0,327	0,000	63,38	1,000
4	0,562	0,438	0,000	63,38	1,000
5	0,540	0,460	0,000	63,37	1,000

CMC: Karboksimetil selüloz

Örneklerin % briks değerlerinin minimize edilmiş değerlerine bakıldığında (Tablo 3.31) sadece pektin kullanılarak hazırlanacak örnekte 0,958 istenirlikle briks değerinin 61,78 ile en düşük briks olması beklenmektedir.

Tablo 3.31. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin briks değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu

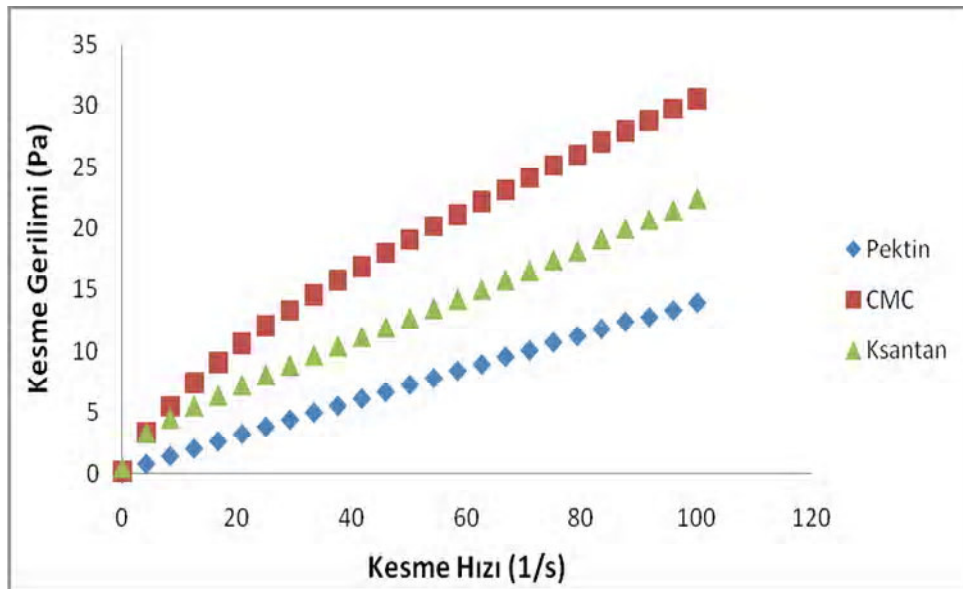
Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	Briks	İstenirlik
1	0,000	0,000	1,000	61,78	0,958

CMC: Karboksimetil selüloz

3.3. Reolojik Analizler

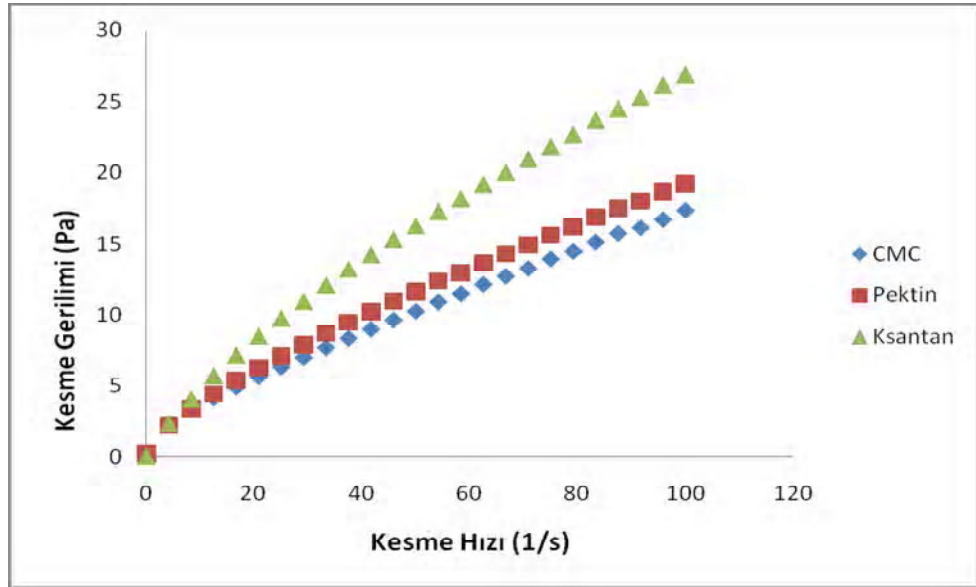
3.3.1. Yatışkan Hal (Steady State) Reolojik Özellikler

Sitrik asit ortamında hazırlanan ksantan, pektin ve karboksimetil selüloz solüsyonlarının analiz sonuçlarına göre; kesme hızı değerlerine karşı kesme gerilim değerleri, bir grafiğe aktarılmıştır (Şekil 3.11). Her bir gam solüsyonlarının 25 °C’de Newton tipi olmayan akış davranış özelliği gösterdikleri ve Ostwal-de-Walle modeline uyum sağladıkları belirlenmiştir.



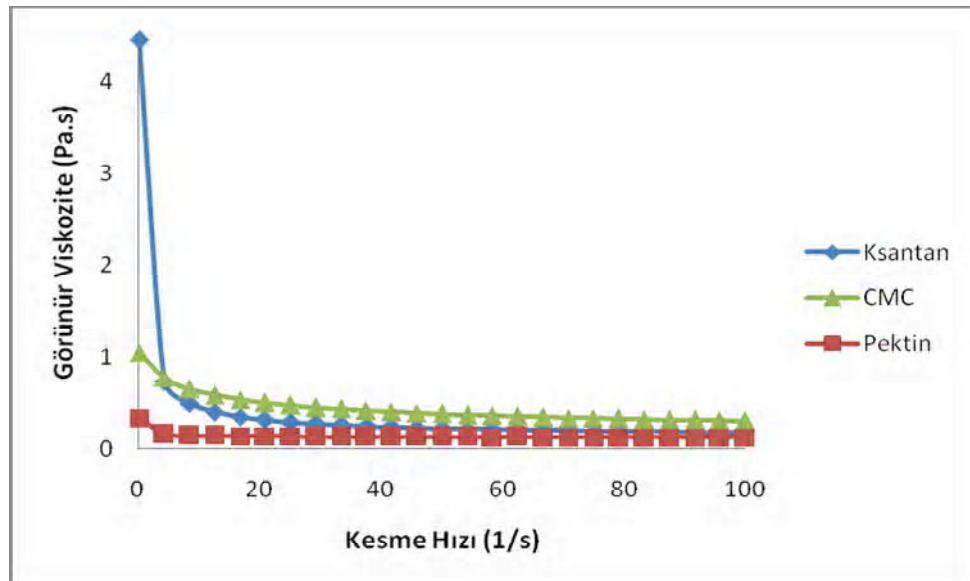
Şekil 3.11. Sitrik asit ortamında hazırlanmış gam solüsyonlarının reolojik akış grafiği

Aynı şekilde tartarik asit ortamında hazırlanan ksantan, pektin ve karboksimetil selüloz solüsyonlarının analiz sonuçlarına göre; kesme hızı değerlerine karşı kesme gerilim değerleri, bir grafiğe aktarılmıştır (Şekil 3.12). Her bir gam solüsyonlarının 25 °C’de Newton tipi olmayan akış davranış özelliği gösterdikleri ve Ostwal-de-Walle modeline uyum sağladıkları belirlenmiştir.



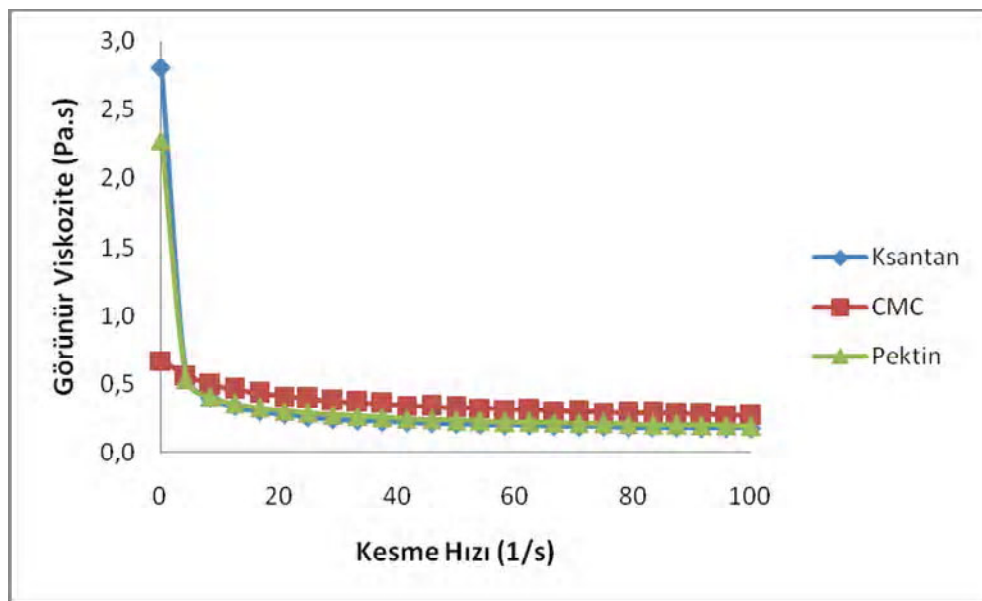
Şekil 3.12. Tartarik asit ortamında hazırlanmış gam solüsyonlarının reolojik akış grafiği

Sitrik asit ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının (ksantan, CMC ve pektin) görünür viskozite değerlerinde bir düşme görülmüştür (Şekil 3.13). Sitrik asit ortamında hazırlanan %0,5'lik ksantan gam solüsyonunun 25 °C'de, 50 s⁻¹ kesme hızında görünür viskozitesi 0,226 Pa.s, %0,5'lik karboksimetil selüloz solüsyonunun 25 °C'de, 50 s⁻¹ kesme hızında görünür viskozitesi 0,381 Pa.s, %0.5'lik pektin solüsyonunun 25 °C'de, 50 s⁻¹ kesme hızında görünür viskozitesi ise 0,129 Pa.s olarak bulunmuştur.



Şekil 3.13. Sitrik asit ortamında hazırlanmış gam solüsyonlarının görünür viskoziteleri üzerine kesme hızının etkisi

Tartarik asit ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının da görünür viskozitelerinde kesme hızı artışına bağlı olarak bir azalma görülmektedir (Şekil 3.14). Tartarik asit ortamında hazırlanan %0,5'lik ksantan gam solüsyonunun 25°C'de, 50 s⁻¹ kesme hızında görünür viskozitesi 0,205 Pa.s, %0,5'lik karboksimetil selüloz gam solüsyonunun 25°C'de, 50 s⁻¹ kesme hızında görünür viskozitesi 0,326 Pa.s ve %0,5'lik pektin solüsyonunun 25°C'de, 50 s⁻¹ kesme hızında görünür viskozitesi ise 0,232 Pa.s olarak bulunmuştur.



Şekil 3.14. Tartarik asit ortamında hazırlanmış gam solüsyonlarının görünür viskoziteleri üzerine kesme hızının etkisi

3.3.1.1. Kıvam Katsayısı (K)

Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin kıvam katsayısı değerlerine ait ANOVA tablosu Tablo 3.32'de verilmiştir. ANOVA tablosundan model ve lineer karışımın kıvam katsayısı üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli oldukları görülmektedir. Model seçiminde sistem $p > 0,05$ olan değerleri elimine etmiştir. Buna göre sadece BC (CMC-Pektin) etkileşiminin önemli olduğu da görülmektedir. Ayrıca uyum eksikliği önemsiz bulunmuştur.

Tablo 3.32. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin kıvam katsayısı değerlerine ait ANOVA tablosu

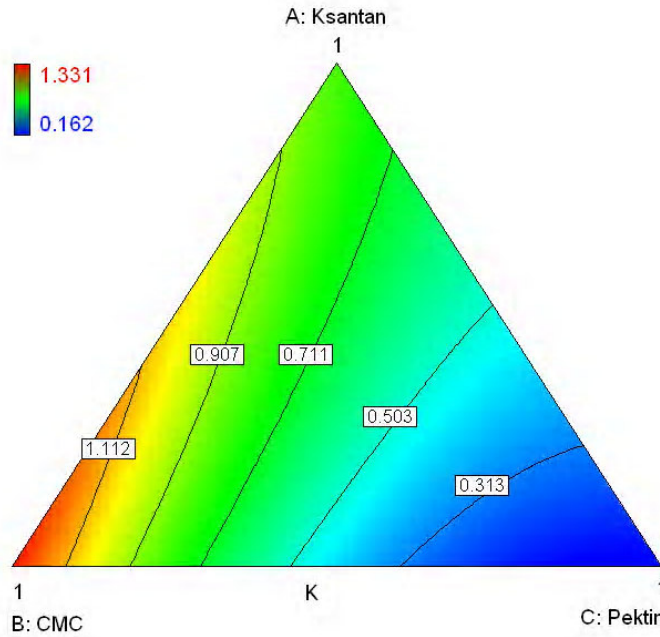
Kaynak	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri	p-değeri Prob > F
Model	1,82	3	0,61	130,48	< 0,0001*
Lineer Karışım	1,72	2	0,86	184,88	< 0,0001
BC	0,10	1	0,10	21,68	0,0012
Uyum Eksikliği	0,028	6	4,646E-003	1,00	0,5464
Standart Sapma	0,068				
Ortalama	0,70				
Varyasyon Katsayısı	9,72				
Regresyon Eşitliği				R²	
Y = 0,83 A + 1,30 B + 0,15 C – 1,25 BC				0,9775	

* $p < 0,05$ SD : Serbestlik derecesi R² : Determinasyon katsayısı

A: Ksantan B: CMC C: Pektin

Sitrik asit ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının kıvam katsayısı değerlerine ait üçlü kontur grafiği Şekil 3.15'te gösterilmiştir. Grafiğe bakıldığında en yüksek kıvam katsayısı değeri 1,331 Pa.sⁿ iken en düşük kıvam katsayısı değerinin 0,162 Pa.sⁿ olduğu görülmektedir. Kıvam katsayısı değeri CMC oranı arttıkça artmakta, pektin oranı arttıkça azalmaktadır ($p < 0,05$).

Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin kıvam katsayısı değerleri maksimize ve minimize edilerek optimizasyonları yapılmıştır. Örneklerin kıvam katsayısı değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon değerleri Tablo 3.33'te verilmiştir. Buradaki değerlere bakıldığında iki adet optimizasyon seçeneği verilmiştir. Bu optimizasyonların istenirlikleri 0,977 ve 0,773 iken her iki optimizasyonda da pektin bulunmamaktadır. En yüksek kıvam katsayısı değerlerinin ise 1,304 Pa.sⁿ ve 1,066 Pa.sⁿ oldukları görülmektedir.



Şekil 3.15 Sitrik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının kıvam katsayısı değerlerine ait kontur grafiği

Tablo 3.33. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin kıvam katsayısı değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	K	İstenirlik
1	0,000	1,000	0,000	1,304	0,977
2	0,500	0,500	0,000	1,066	0,773

CMC: Karboksimetil selüloz

Sitrik asit ve şeker ortamında hazırlanan örneklerin kıvam katsayısı değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon değerlerinde (Tablo 3.34) ise istenirliği 1,000 olan altı adet optimizasyon seçeneği verilmiştir. Bütün optimizasyon seçeneklerinde ksantan gam bulunmamaktadır. Kıvam katsayısının minimum değerler alacağı diğer optimizasyon seçenekleri CMC ve pektinin değişik oranlarda karıştırılmasıyla elde edilecek ve burada pektin yüksek orana sahip gam olacaktır. Minimum kıvam katsayısı değerlerinin ise $0,149 \text{ Pa.s}^n$ ile $0,158 \text{ Pa.s}^n$ arasında değiştiği de görülmektedir.

Tablo 3.34. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin kıvam katsayısı değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	K	İstenirlik
1	0,000	0,018	0,982	0,149	1,000
2	0,000	0,062	0,938	0,149	1,000
3	0,000	0,000	1,000	0,150	1,000
4	0,000	0,092	0,908	0,152	1,000
5	0,000	0,108	0,892	0,154	1,000
6	0,000	0,126	0,874	0,158	1,000

CMC: Karboksümetil selüloz

Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin kıvam katsayısı değerlerine ait ANOVA tablosundan (Tablo 3.35) model ve lineer karışımın kıvam katsayısı üzerine etkisinin önemli oldukları görülmektedir. Ayrıca AB (Ksantan-CMC) ve BC (CMC-Pektin) etkileşimlerinin de önemli olduğu görülmektedir.

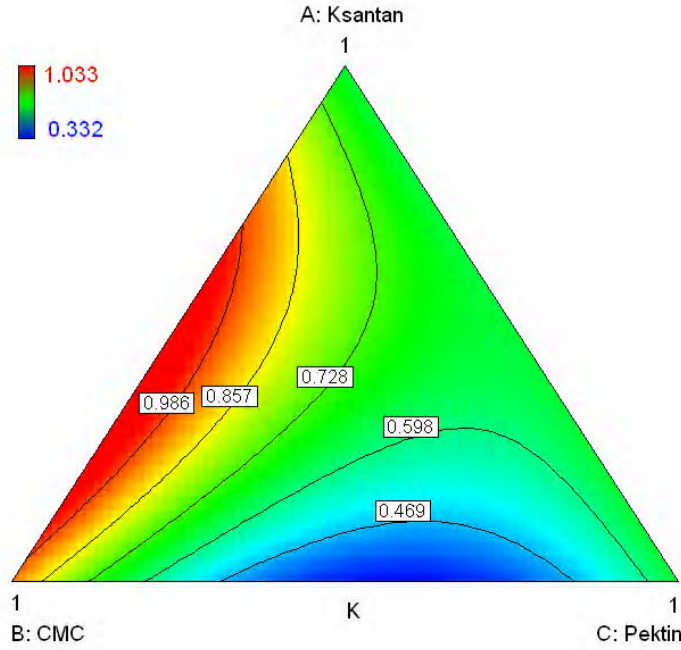
Tablo 3.35. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin kıvam katsayısı değerlerine ait ANOVA tablosu

Kaynak	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri	p-değeri Prob > F
Model	0,45	4	0,11	9,16	0,0044*
Lineer Karışım	0,17	2	0,083	6,75	0,0192
AB	0,098	1	0,098	7,92	0,0227
BC	0,21	1	0,21	17,16	0,0032
Uyum Eksikliği	0,098	5	0,020	60,26	0,0033
Standart Sapma	0,11				
Ortalama	0,72				
Varyasyon Katsayısı	15,46				
Regresyon Eşitliği				R²	
Y = 0,62 A + 0,95 B + 0,67 C + 1,24 AB – 1,82 BC				0,8208	

* $p < 0,05$ SD : Serbestlik derecesi R² : Determinasyon katsayısı

A: Ksantan B: CMC C: Pektin

Tartarik asit ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının kıvam katsayısı değerlerine ait kontur grafiğinde (Şekil 3.16) en yüksek kıvam katsayısı değerinin 1,033 Pa.sⁿ ve en düşük kıvam katsayısı değerinin 0,332 Pa.sⁿ olduğu görülmektedir.



Şekil 3.16. Tartarik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının kıvam katsayısı değerlerine ait kontur grafiği

Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin kıvam katsayısı değerlerinin maksimize edilmiş optimizasyon tablosunda (Tablo 3.36) istenirlik 1,000 olan altı adet optimizasyon seçeneği verilmiştir. Bu seçeneklerde pektinin bulunmadığı görülmektedir.

Tablo 3.36. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin kıvam katsayısı değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	K	İstenirlik
1	0,349	0,651	0,000	1,115	1,000
2	0,311	0,689	0,000	1,112	1,000
3	0,435	0,565	0,000	1,111	1,000
4	0,457	0,543	0,000	1,106	1,000
5	0,512	0,488	0,000	1,091	1,000
6	0,528	0,472	0,000	1,085	1,000

CMC: Karboksimetil selüloz

Örneklerin kıvam katsayısı değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosunda (Tablo 3.37) ise pektin ve CMC kullanılarak hazırlanacak örnekte 0,989 istenirlikle kıvam katsayısı değerinin 0,340 Pa.sⁿ ile en düşük kıvam katsayısı olması beklenmektedir.

Tablo 3.37. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin kıvam katsayısı değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	K	İstenirlik
1	0,000	0,423	0,577	0,340	0,989

CMC: Karboksimetil selüloz

3.3.1.2. Akış Davranış İndeksi (n)

Sitrik asit ve şeker ortamında hazırlanan örneklerin akış davranış indeksi değerlerine ait ANOVA tablosunda (Tablo 3.38) model ve lineer karışımın akış davranış indeksi üzerine etkisinin önemli olduğu görülmektedir. Ayrıca uyum eksikliği önemsiz bulunmuştur.

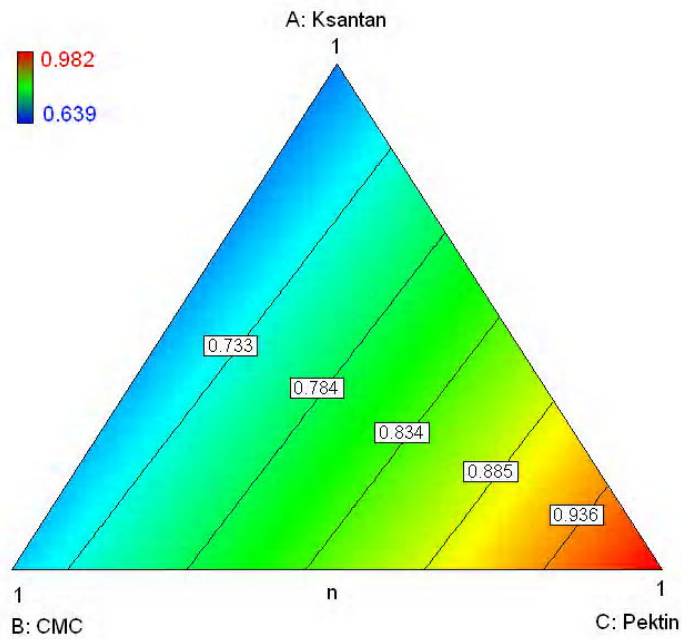
Tablo 3.38. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin akış davranış indeksi değerlerine ait ANOVA tablosu

Kaynak	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri	p-değeri Prob > F
Model	0,14	2	0,071	29,69	< 0,0001*
Lineer Karışım	0,14	2	0,071	29,69	< 0,0001
Uyum Eksikliği	0,019	7	2,687E-003	1,60	0,3780
Standart Sapma	0,049				
Ortalama	0,79				
Varyasyon Katsayısı	6,16				
Regresyon Eşitliği				R²	
Y = 0,68 A + 0,71 B + 0,99 C				0,8559	

* p<0,05 SD : Serbestlik derecesi R² : Determinasyon katsayısı

A: Ksantan B: CMC C: Pektin

Sitrik asit, şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının akış davranış indeksi değerlerine ait üçlü kontur grafiği Şekil 3.17’de gösterilmiştir. Grafiğe bakıldığında en yüksek akış davranış indeksi değeri 0,982 iken en düşük akış davranış indeksi değerinin 0,639 olduğu görülmektedir. Akış davranış indeksi değeri CMC ve ksantan oranı arttıkça azalmakta, pektin oranı arttıkça artmaktadır ($p < 0,05$)



Şekil 3.17. Sitrik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının akış davranış indeksi değerlerine ait kontur grafiği

Örneklerin akış davranış indeksi değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon değerlerine bakıldığında (Tablo 3.39) istenirlik 1,000 olan optimizasyon seçeneğinde sadece pektin kullanılmıştır.

Tablo 3.39. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin akış davranış indeksi değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	n	İstenirlik
1	0,000	0,000	1,000	0,986	1,000

CMC: Karboksimetil selüloz

Örneklerin minimize edilmiş optimizasyon değerlerine bakıldığında (Tablo 3.40) istenirliği 0,874 olan ve sadece ksantan ile hazırlanacak örnekte akış davranış indeksinin 0,682; eşit oranlarda ksantan ve CMC kullanılarak hazırlanacak olan örnekte 0,835 istenirlikle elde edilecek akış davranış indeksi değerinin ise 0,696 olduğu görülmektedir.

Tablo 3.40. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin akış davranış indeksi değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	n	İstenirlik
1	1,000	0,000	0,000	0,682	0,874
2	0,500	0,500	0,000	0,696	0,835

CMC: Karboksimetil selüloz

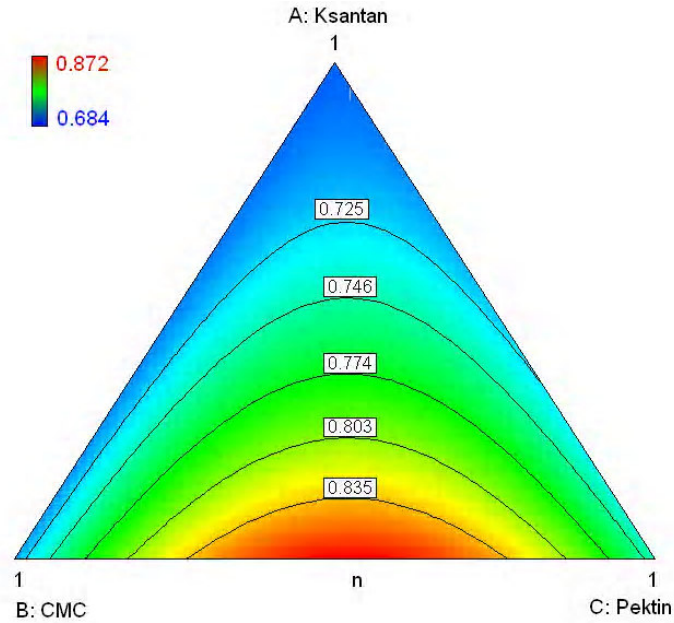
Tartarik asit, şeker ortamında hazırlanan örneklerde model ve lineer karışımın akış davranış indeksi üzerine etkisinin önemli oldukları görülmektedir (Tablo 3.41). Model seçiminde sistem $p > 0,05$ olan değerleri elimine ettikten sonra BC (CMC-pektin) etkileşiminin de önemli olduğu görülmektedir.

Tablo 3.41. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin akış davranış indeksi değerlerine ait ANOVA tablosu

Kaynak	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri	p-değeri Prob > F
Model	0,029	3	9,611E-003	6,77	0,0110*
Lineer Karışım	7,229E-003	2	3,615E-003	2,55	0,1328
BC	0,022	1	0,022	15,23	0,0036
Uyum Eksikliği	0,013	6	2,123E-003	205,79	0,0005
Standart Sapma	0,038				
Ortalama	0,75				
Varyasyon Katsayısı	5,05				
Regresyon Eşitliği				R²	
Y = 0,70 A + 0,71 B + 0,74 C + 0,58 BC				0,6930	

* $p < 0,05$ SD : Serbestlik derecesi R² : Determinasyon katsayısı
A: Ksantan B: CMC C: Pektin

Tartarik asit ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının akış davranış indeksi değerlerine ait üçlü kontur grafiği Şekil 3.18’de gösterilmiştir. Grafikten görüldüğü üzere en yüksek akış davranış indeksi değeri 0,872 iken en düşük akış davranış indeksi değeri 0,684’tür.



Şekil 3.18. Tartarik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının akış davranış indeksi değerlerine ait kontur grafiği

Örneklerin akış davranış indeksi değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon değerlerine bakıldığında (Tablo 3.42) istenirlik 0,992 olan optimizasyon seçeneğinde ksantan hiç bulunmazken en yüksek akış davranış indeksi değerinin 0,871 olması beklenmektedir.

Tablo 3.42. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin akış davranış indeksi değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	n	İstenirlik
1	0,000	0,481	0,519	0,871	0,992

CMC: Karboksimetil selüloz

Örneklerin akış davranış indeksi değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon değerlerine bakıldığında (Tablo 3.43) sadece ksantan kullanılarak hazırlanacak örnekte 0,907 istenirlikle akış davranış indeksi değerinin 0,702 ile en düşük akış davranış indeksi olması beklenmektedir.

Tablo 3.43. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin akış davranış indeksi değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	n	İstenirlik
1	1,000	0,000	0,000	0,702	0,907
1	0,500	0,500	0,000	0,708	0,873

CMC: Karboksimetil selüloz

3.3.1.3. Görünür Viskozite (η_{50})

Sitrik asit ve şeker ortamında hazırlanan örneklerin görünür viskozite değerlerine ait ANOVA tablosu Tablo 3.44'te verilmiştir. ANOVA tablosundan model ve lineer karışımın görünür viskozite üzerine etkisinin önemli olduğu görülmektedir. Model seçiminde sistem $p > 0,05$ olan değerleri elimine etmiştir. Buna göre AB (Ksantan-CMC) ve AC (Ksantan-Pektin) etkileşimlerinin de önemli olduğu görülmektedir. Ayrıca uyum eksikliği önemsiz bulunmuştur.

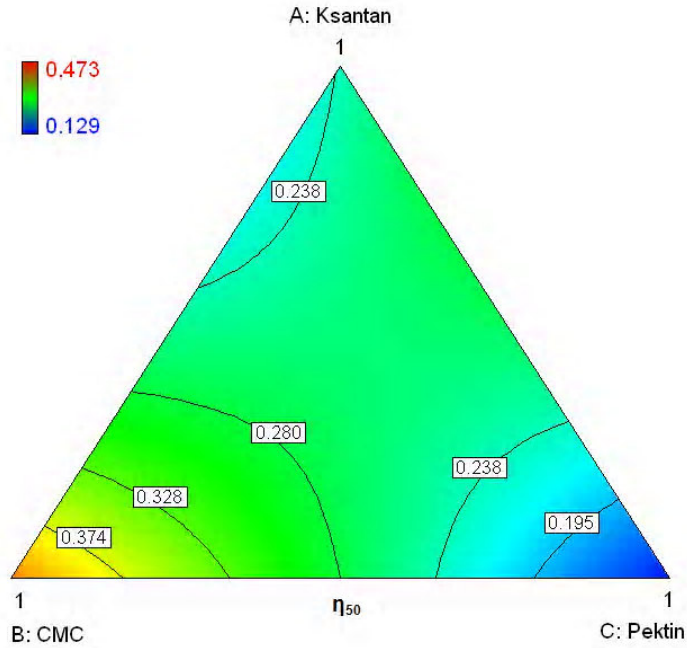
Tablo 3.44. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin görünür viskozite değerlerine ait ANOVA tablosu

Kaynak	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri	p-değeri Prob > F
Model	0,091	4	0,023	35,30	< 0,0001*
Lineer Karışım	0,078	2	0,039	60,51	< 0,0001
AB	7,074E-003	1	7,074E-003	11,03	0,0105
AC	7,046E-003	1	7,046E-003	10,99	0,0106
Uyum Eksikliği	3,478E-004	5	6,957E-005	0,044	0,9976
Standart Sapma	0,025				
Ortalama	0,27				
Varyasyon Katsayısı	9,51				
Regresyon Eşitliği				R²	
Y = 0,24 A + 0,42 B + 0,14 C – 0,33 AB + 0,33 AC				0,9464	

* $p < 0,05$ SD : Serbestlik derecesi R² : Determinasyon katsayısı

A: Ksantan B: CMC C: Pektin

Örneklerin görünür viskozite değerlerine ait üçlü kontur grafiğinde (Şekil 3.19) en yüksek görünür viskozite değeri 0,473 Pa.s iken en düşük görünür viskozite değerinin 0,129 Pa.s olduğu görülmektedir. Ayrıca görünür viskozite değerinin CMC oranı arttıkça arttığı, pektin oranı arttıkça azaldığı gösterilmiştir ($p < 0,05$).



Şekil 3.19. Sitrik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının görünür viskozite değerlerine ait kontur grafiği

Örneklerin görünür viskozite değerlerine ait maksimize değerlerine bakıldığında (Tablo 3.45) sadece CMC kullanılarak hazırlanacak olan örnekte 0,858 istenirlikle görünür viskozite değerinin 0,424 Pa.s olması beklenmektedir.

Tablo 3.45. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin görünür viskozite değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	η_{50}	İstenirlik
1	0,000	1,000	0,000	0,424	0,858

CMC: Karboksimetil selüloz

Minimize edilmiş optimizasyon değerlerinde (Tablo 3.46) ise sadece pektin kullanılarak hazırlanacak örnekte 0,983 istenirlikle 0,135 Pa.s görünür viskozite değerinin; 0,727 istenirlikle ksantan ve CMC den oluşan örnekte ise 0,223 Pa.s görünür viskozite değerinin elde edileceği görülmektedir.

Tablo 3.46. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin görünür viskozite değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	η_{50}	İstenirlik
1	0,000	0,000	1,000	0,135	0,983
2	0,777	0,223	0,000	0,223	0,727

CMC: Karboksimetil selüloz

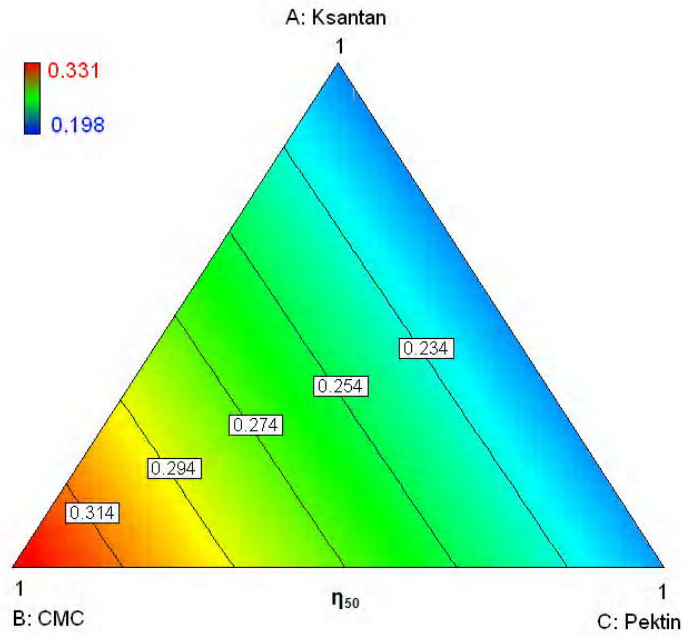
Tartarik asit ve şeker ortamında hazırlanan örneklerin görünür viskozite değerlerine ait ANOVA tablosu Tablo 3.47'de verilmiştir. ANOVA tablosundan model ve lineer karışımın görünür viskozite üzerine etkisinin önemli oldukları görülmektedir. Ayrıca uyum eksikliği önemli bulunmuştur.

Tablo 3.47. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin görünür viskozite değerlerine ait ANOVA tablosu

Kaynak	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri	p-değeri Prob > F
Model	0,023	2	0,012	14,04	0,0012*
Lineer Karışım	0,023	2	0,012	14,04	0,0012
Uyum Eksikliği	8,125E-003	7	1,161E-003	25,71	0,0111
Standart Sapma	0,029				
Ortalama	0,26				
Varyasyon Katsayısı	11,26				
Regresyon Eşitliği				R²	
Y = 0,21 A + 0,33 B + 0,22 C				0,7374	

* $p < 0,05$ SD : Serbestlik derecesi R² : Determinasyon katsayısı
A: Ksantan B: CMC C: Pektin

Tartarik asit ve şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının görünür viskozite değerlerine ait üçlü kontur grafiği Şekil 3.20’de verilmiştir. Grafikten anlaşıldığı üzere en yüksek görünür viskozite değeri 0,331 Pa.s iken, en düşük görünür viskozite değeri 0,198 Pa.s’dir. Görünür viskozite değeri CMC oranı arttıkça artmakta, pektin ve ksantan gam oranı arttıkça azalmaktadır ($p < 0,05$).



Şekil 3.20. Tartarik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının görünür viskozite değerlerine ait kontur grafiği

Örneklerin görünür viskozite değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon seçeneklerinde (Tablo 3.48) istenirlik 1,000 olan iki adet optimizasyon seçeneği verilmiş, her iki seçenekte de CMC en yüksek oranlarda kullanılmıştır.

Tablo 3.48. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin görünür viskozite değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	η_{50}	İstenirlik
1	0,000	1,000	0,000	0,334	1,000
2	0,013	0,984	0,004	0,332	1,000

CMC: Karboksimetil selüloz

Minimize edilmiş optimizasyon seçeneklerinde ise (Tablo 3.49) sadece ksantan gam kullanılarak hazırlanacak örnekte 0,874 istenirlikle görünür viskozite değerinin 0,215 Pa.s ile en düşük görünür viskozite olması beklenmektedir.

Tablo 3.49. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin görünür viskozite değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu

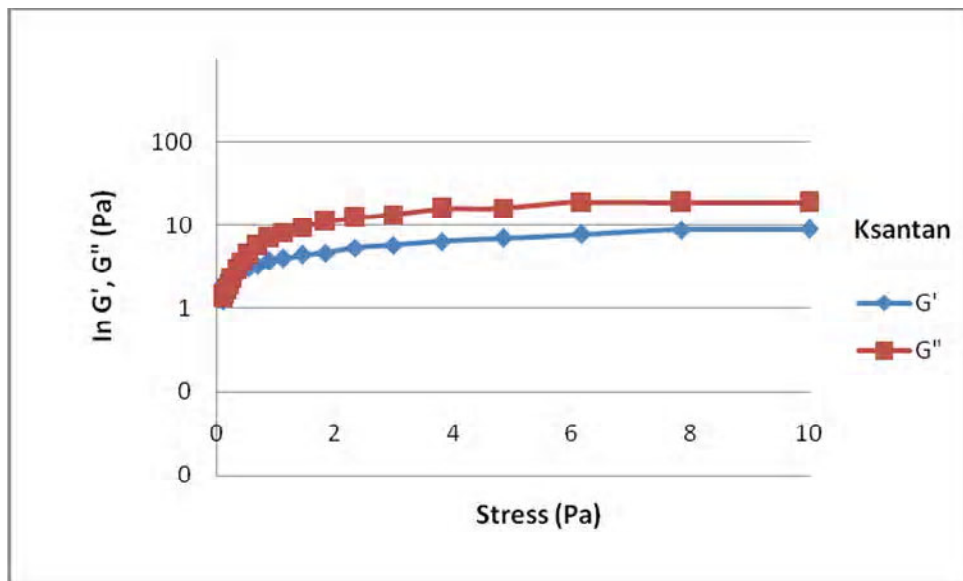
Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	η_{50}	İstenirlik
1	1,000	0,000	0,000	0,215	0,874

CMC: Karboksimetil selüloz

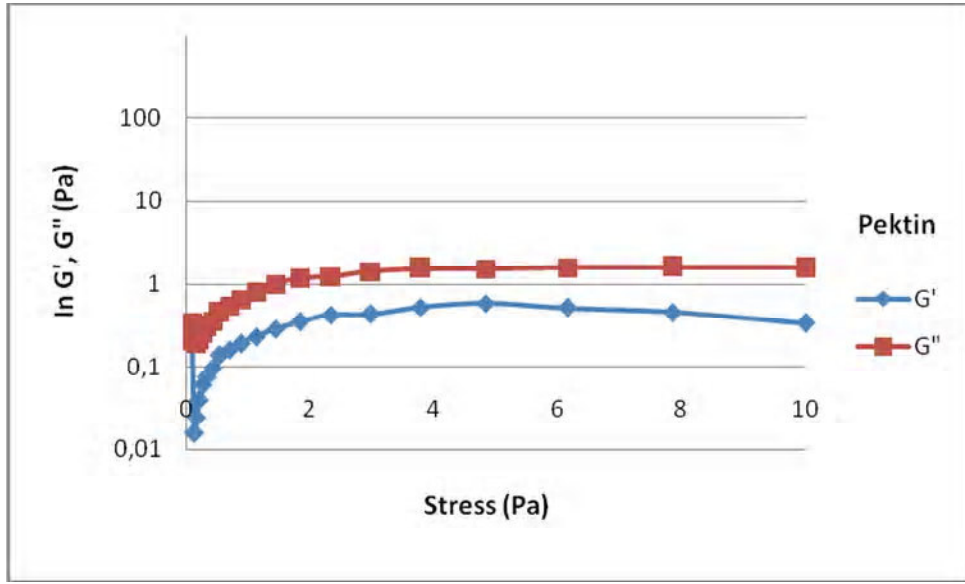
3.3.2. Dinamik Titreşimli Kayma (Dynamic Shear) Akış Davranış Özellikleri

3.3.2.1. Basınç Süpürmesi (Stress Sweep) Testi

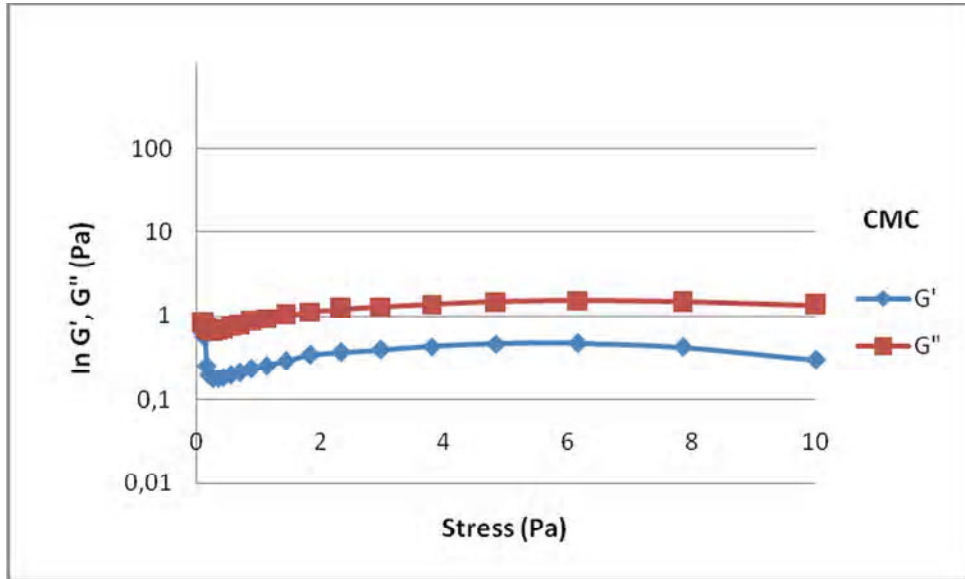
Basınç Süpürmesi yöntemi ile örnek solüsyonunun lineer viskoelastik bölgesinin başladığı nokta tespit edilmiş ve bu değer 0,2 Pa olduğu belirlenmiştir. Sitrik asit ortamında hazırlanmış ksantan gam (Şekil 3.21), pektin (Şekil 3.22) ve CMC (Şekil 3.23) solüsyonlarının ve tartarik asit ortamında hazırlanmış ksantan gam (Şekil 3.24), pektin (Şekil 3.25) ve CMC (Şekil 3.26) solüsyonlarının strese göre G' (depo modül) ve G'' (kayıp modül) grafikleri verilmiştir.



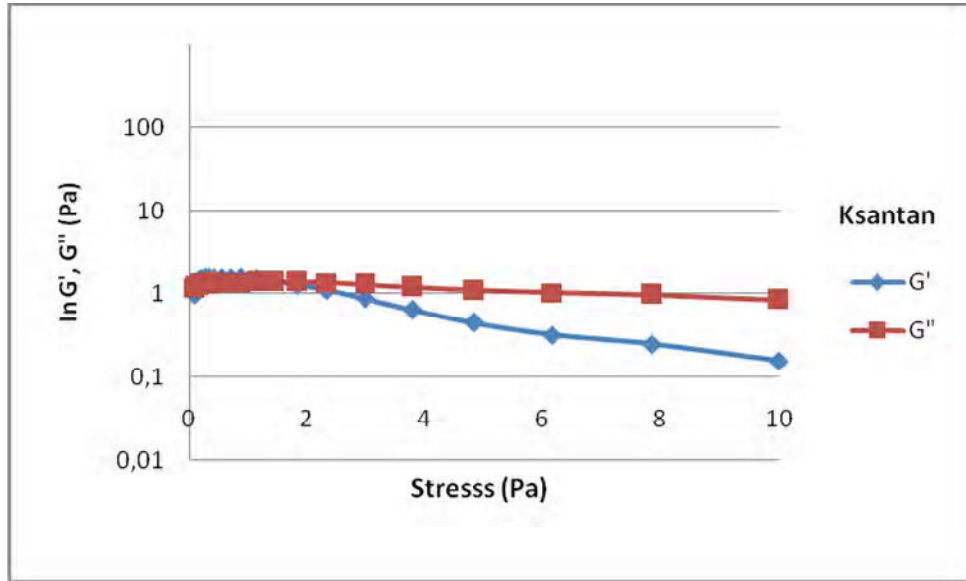
Şekil 3.21. Sitrik asit ortamında hazırlanmış ksantan solüsyonunun strese göre G' ve G'' grafiği



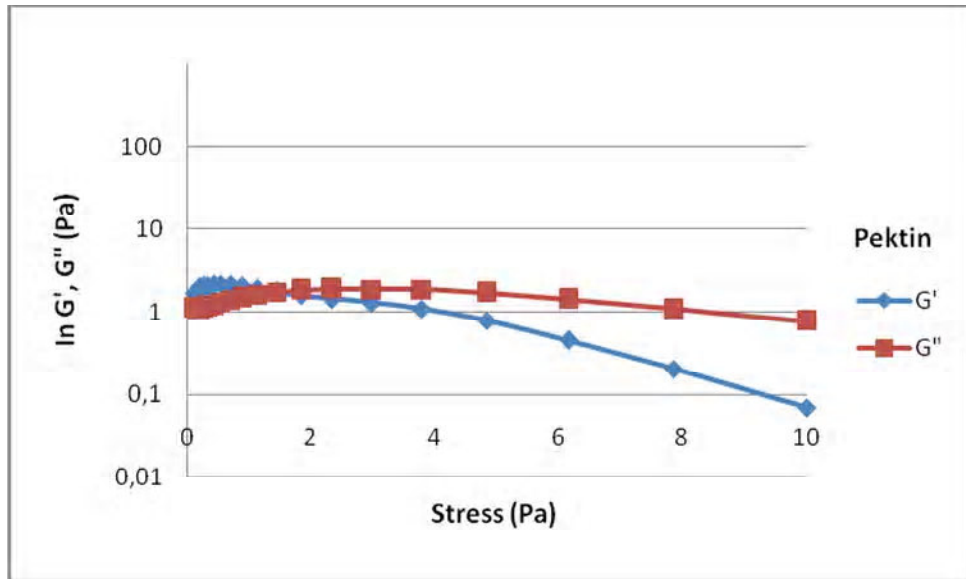
Şekil 3.22. Sitrik asit ortamında hazırlanmış pektin solüsyonunun strese göre G' ve G'' grafiği.



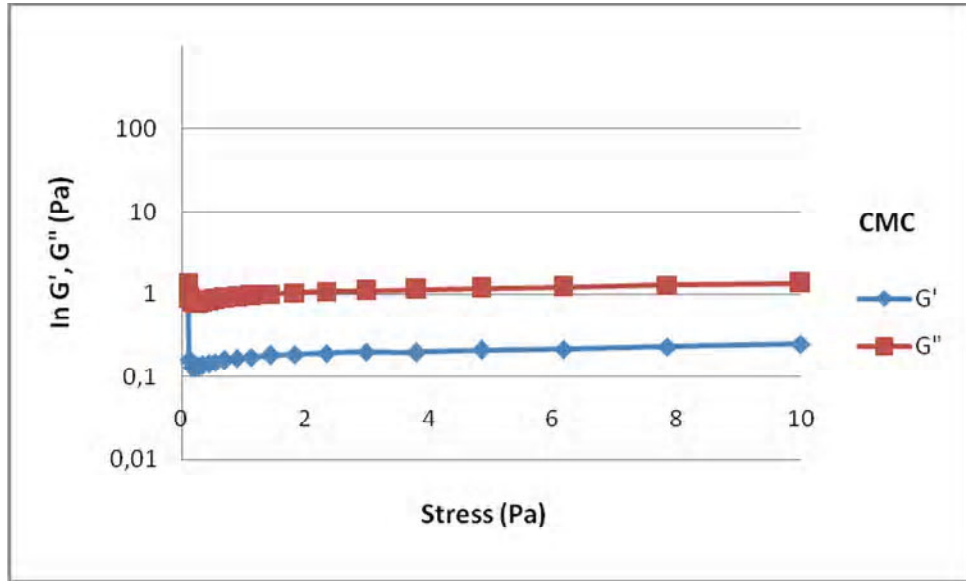
Şekil 3.23. Sitrik asit ortamında hazırlanmış CMC solüsyonunun strese göre G' ve G'' grafiği.



Şekil 3.24. Tartarik asit ortamında hazırlanmış ksantan solüsyonunun strese göre G' ve G'' grafiği.



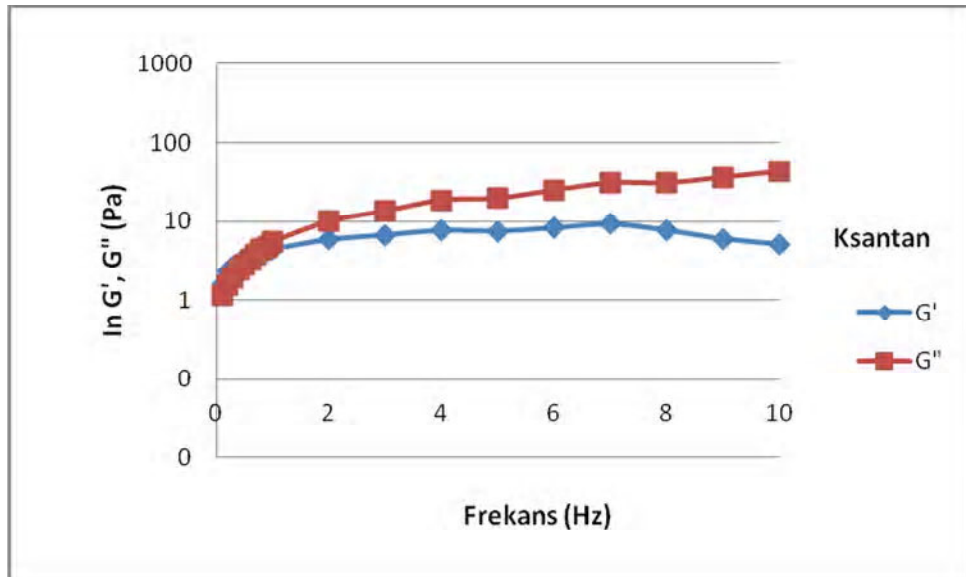
Şekil 3.25. Tartarik asit ortamında hazırlanmış pektin solüsyonunun strese göre G' ve G'' grafiği.



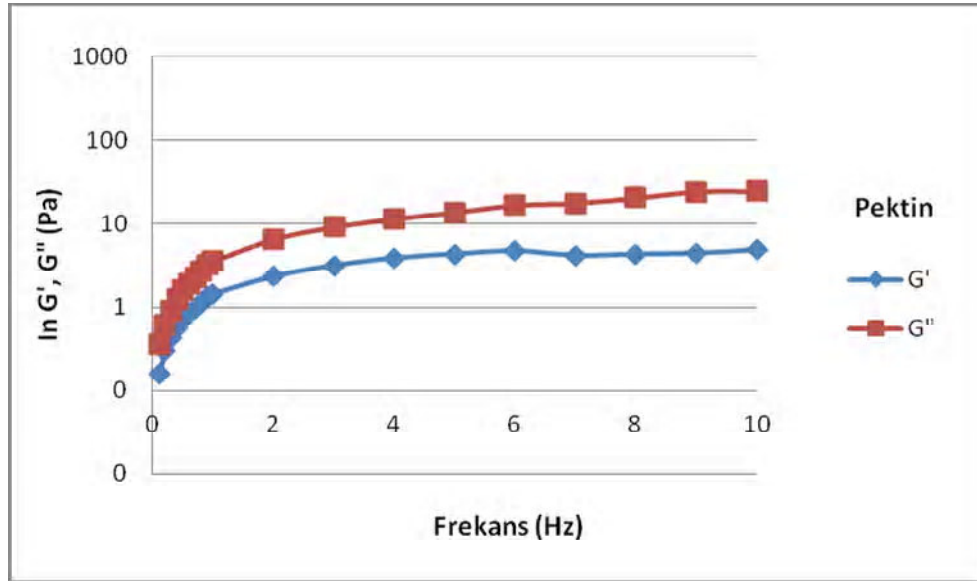
Şekil 3.26. Tartarik asit ortamında hazırlanmış CMC solüsyonunun strese göre G' ve G'' grafiği.

3.3.2.2. Frekans Süpürmesi (Frequency Sweep) Testi

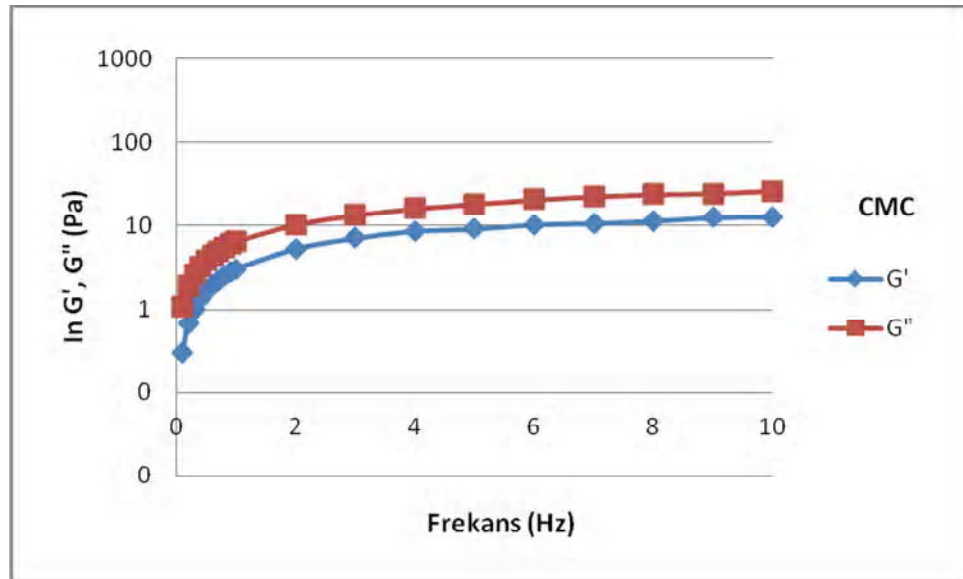
Sitrik asit ortamında hazırlanan ksantan (Şekil 3.27), pektin (Şekil 3.28) ve CMC (Şekil 3.29) dinamik özellikleri gösterilmiştir. Her üç gam solüsyonunda da G' (depo modül) değerinin G'' (kayıp modül) değerinden küçük olduğu görülmektedir.



Şekil 3.27. Sitrik asit ortamında hazırlanmış ksantan solüsyonunun frekansa göre G' ve G'' grafiği.

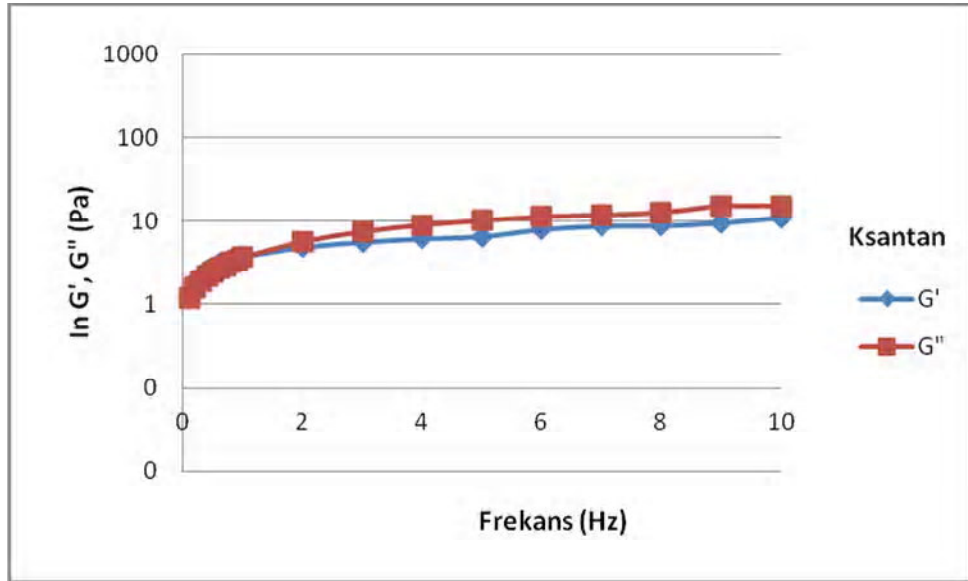


Şekil 3.28. Sitrik asit ortamında hazırlanmış pektin solüsyonunun frekansa göre G' ve G'' grafiği

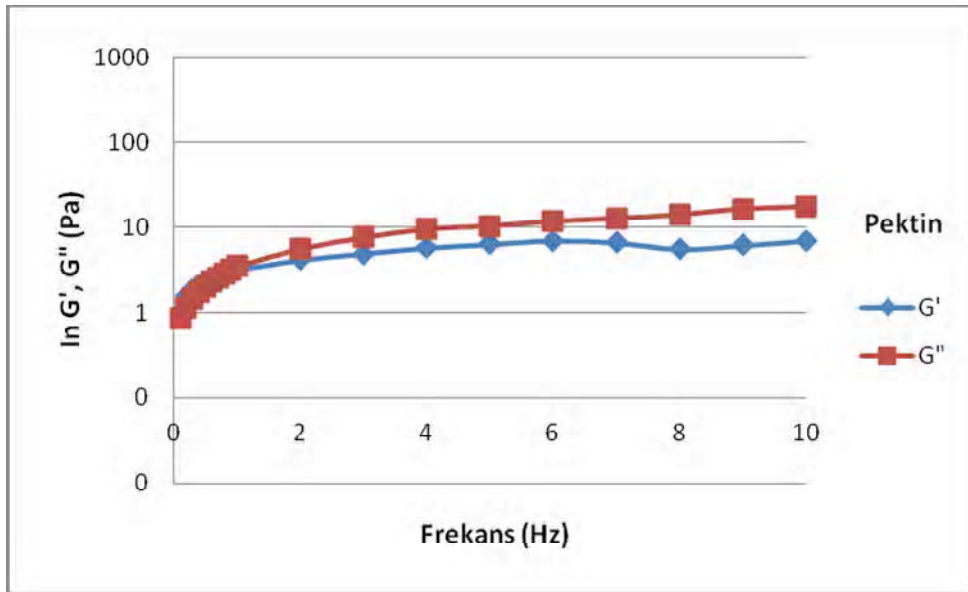


Şekil 3.29. Sitrik asit ortamında hazırlanmış CMC solüsyonunun frekansa göre G' ve G'' grafiği.

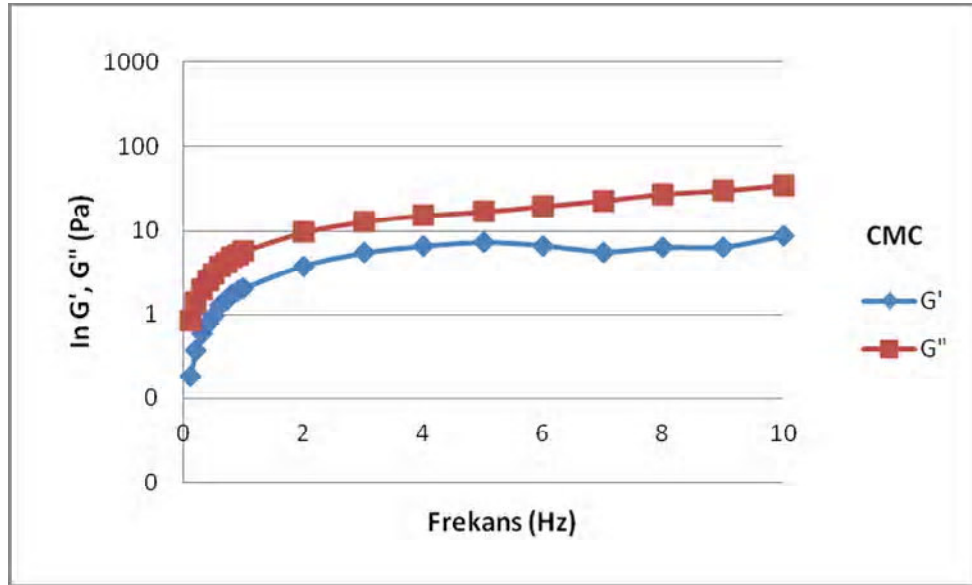
Tartarik asit ortamında hazırlanan ksantan (Şekil 3.30), pektin (Şekil 3.31) ve CMC'nin (Şekil 3.32) dinamik özellikleri gösterilmiştir. Her üç gam solüsyonunda da G' (depo modül) değerinin G'' (kayıp modül) değerinden küçük olduğu görülmektedir.



Şekil 3.30. Tartarik asit ortamında hazırlanmış ksantan solüsyonunun frekansa göre G' ve G'' grafiği.



Şekil 3.31. Tartarik asit ortamında hazırlanmış pektin solüsyonunun frekansa göre G' ve G'' grafiği.



Şekil 3.32. Tartarik asit ortamında hazırlanmış CMC solüsyonunun frekansa göre G' ve G'' grafiği.

3.3.2.2.1. Depo Modülü (G')

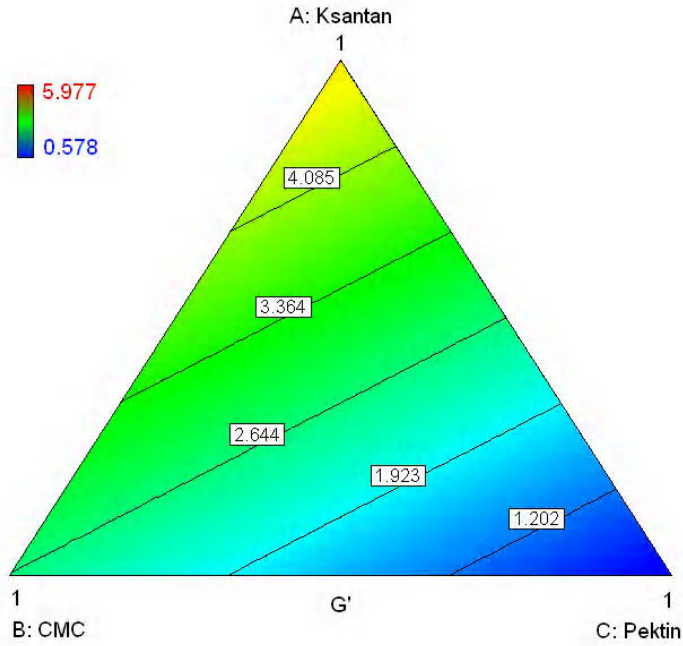
Sitrik asit ve şeker ortamında hazırlanan örneklerin depo modül değerlerine ait ANOVA tablosu Tablo 3.50'de verilmiştir. Model ve lineer karışımın depo modülü üzerine etkisinin önemli oldukları, uyum eksikliğinin ise önemsiz olduğu görülmektedir.

Tablo 3.50. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin depo modül değerlerine ait ANOVA tablosu

Kaynak	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri	p-değeri Prob > F
Model	23,37	2	11,69	28,27	< 0,0001*
Lineer Karışım	23,37	2	11,69	28,27	< 0,0001
Uyum Eksikliği	2,61	7	0,37	0,73	0,6716
Standart Sapma	0,64				
Ortalama	2,64				
Varyasyon Katsayısı	24,35				
Regresyon Eşitliği				R²	
Y = 4,81 A + 2,63 B + 0,48 C				0,8497	

* p<0,05 SD : Serbestlik derecesi R² : Determinasyon katsayısı
A: Ksantan B: CMC C: Pektin

Hazırlanan gam solüsyonlarının depo modül değerlerine ait kontur grafiğinden (Şekil 3.33) en yüksek depo modül değerinin 5,977 Pa; en düşük depo modül değerinin ise 0,578 Pa olduğu görülmektedir. Ayrıca depo modül değeri ksantan gam oranı arttıkça artmakta, pektin oranı arttıkça azalmaktadır ($p < 0,05$).



Şekil 3.33. Sitrik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının depo modül değerlerine ait kontur grafiği

Örneklerin depo modül değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon değerlerinde (Tablo 3.51) sadece ksantan kullanılarak elde edilecek örnekte 0,783 istenirlikle maksimum depo modül değerinin elde edileceği görülmektedir.

Tablo 3.51. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin depo modül değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	G'	İstenirlik
1	1,000	0,000	0,000	4,806	0,783

CMC: Karboksimetil selüloz

Örneklerin depo modül değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon değerlerine bakıldığında (Tablo 3.52) ise istenirliği 1,000 olan iki adet optimizasyon seçeneği verilmiştir. Her iki optimizasyonda da ksantan gam kullanılmamıştır.

Tablo 3.52. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin depo modül değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	G'	İstenirlik
1	0,000	0,000	1,000	0,482	1,000
2	0,000	0,021	0,979	0,526	1,000

CMC: Karboksümetil selüloz

Tartarik asit ve şeker ortamında hazırlanan örneklerin depo modül değerlerine ait ANOVA tablosundan (Tablo 3.53) model ve lineer karışımın depo modülü üzerine etkisinin önemli oldukları görülmektedir. Model seçiminde sistem $p > 0,05$ olan değerleri elimine etmiştir. Buna göre AB (Ksantan-CMC) ve BC (CMC-Pektin) etkileşimlerinin de önemli olduğu görülmektedir.

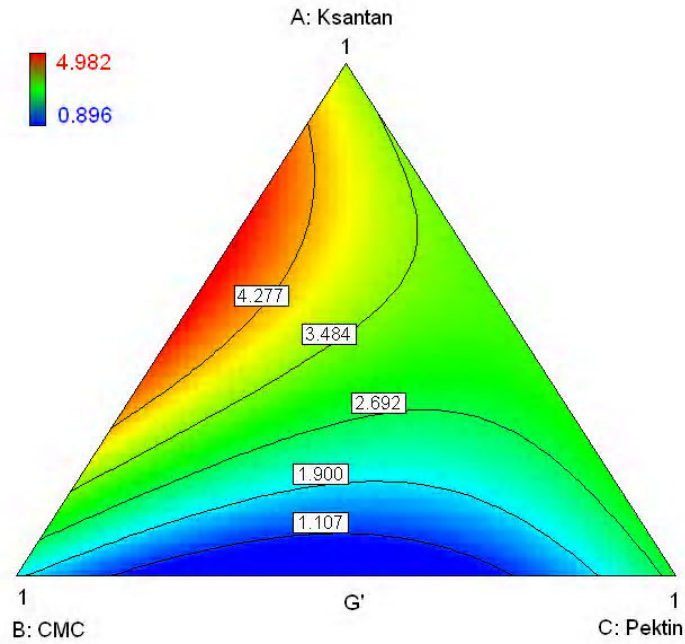
Tablo 3.53. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin depo modül değerlerine ait ANOVA tablosu

Kaynak	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri	p-değeri Prob > F
Model	15,32	4	3,83	10,14	0,0032*
Lineer Karışım	6,57	2	3,29	8,70	0,0098
AB	5,06	1	5,06	13,40	0,0064
BC	4,48	1	4,48	11,85	0,0088
Uyum Eksikliği	2,96	5	0,59	30,48	0,0090
Standart Sapma	0,61				
Ortalama	2,83				
Varyasyon Katsayısı	21,71				
Regresyon Eşitliği				R²	
Y = 3,55 A + 2,00 B + 2,87 C + 8,92 AB – 8,39 BC				0,8352	

* $p < 0,05$ SD : Serbestlik derecesi R² : Determinasyon katsayısı

A: Ksantan B: CMC C: Pektin

Tartarik asit ve şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının depo modül değerlerine ait üçlü kontur grafiği Şekil 3.34'te gösterilmiştir. Grafiğe göre en yüksek depo modül değeri 4,982 Pa iken en düşük depo modül değerinin 0,896 Pa olduğu görülmektedir ($p<0,05$).



Şekil 3.34. Tartarik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının depo modül değerlerine ait kontur grafiği

Örneklerin depo modül değerleri maksimize ve minimize edilerek optimizasyon seçenekleri belirlenmiştir. Örneklerin depo modül değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon değerlerinde (Tablo 3.54) istenirlik 1,000 olan dokuz adet optimizasyon seçeneği sunulmuştur. Bütün optimizasyon seçeneklerinde pektin kullanılmamıştır. Ayrıca ksantan gam ve CMC'nin değişik oranlarda karıştırılmasıyla elde edilen örneklerde en yüksek depo modül değerlerinin 5,070 Pa ile 5,001 Pa arasında değiştiği görülmektedir.

Örneklerin depo modül değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon seçeneklerinde (Tablo 3.55) istenirliği 1,000 olan on yedi adet optimizasyon seçeneği sunulmuştur. Bu optimizasyonlarda genel olarak ksantan gam kullanılmamıştır.

Tablo 3.54. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin depo modül değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	G'	İstenirlik
1	0,582	0,418	0,000	5,070	1,000
2	0,603	0,397	0,000	5,068	1,000
3	0,568	0,432	0,000	5,067	1,000
4	0,549	0,451	0,000	5,058	1,000
5	0,624	0,376	0,000	5,058	1,000
6	0,533	0,467	0,000	5,045	1,000
7	0,514	0,486	0,000	5,023	1,000
8	0,672	0,328	0,000	5,006	1,000
9	0,499	0,501	0,000	5,001	1,000

CMC: Karboksimetil selüloz

Tablo 3.55. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin depo modül değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	G'	İstenirlik
1	0,000	0,552	0,448	0,315	1,000
2	0,000	0,576	0,424	0,320	1,000
3	0,000	0,500	0,500	0,338	1,000
4	0,000	0,610	0,390	0,343	1,000
5	0,000	0,647	0,353	0,390	1,000
6	0,000	0,451	0,549	0,400	1,000
7	0,000	0,424	0,576	0,453	1,000
8	0,000	0,388	0,612	0,540	1,000
9	0,000	0,729	0,271	0,576	1,000
10	0,000	0,373	0,627	0,583	1,000
11	0,000	0,356	0,644	0,639	1,000
12	0,000	0,340	0,660	0,691	1,000
13	0,000	0,322	0,678	0,759	1,000
14	0,046	0,555	0,399	0,787	1,000
15	0,043	0,413	0,544	0,814	1,000
16	0,050	0,467	0,483	0,815	1,000
17	0,000	0,303	0,697	0,836	1,000

CMC: Karboksimetil selüloz

3.3.2.2.2. Kayıp Modülü (G’)

Sitrik asit ve şeker ortamında hazırlanan örneklerde model ve lineer karışımın kayıp modül üzerine etkisinin önemli oldukları görülmektedir (Tablo 3.56). Ayrıca uyum eksikliği önemsiz bulunmuştur.

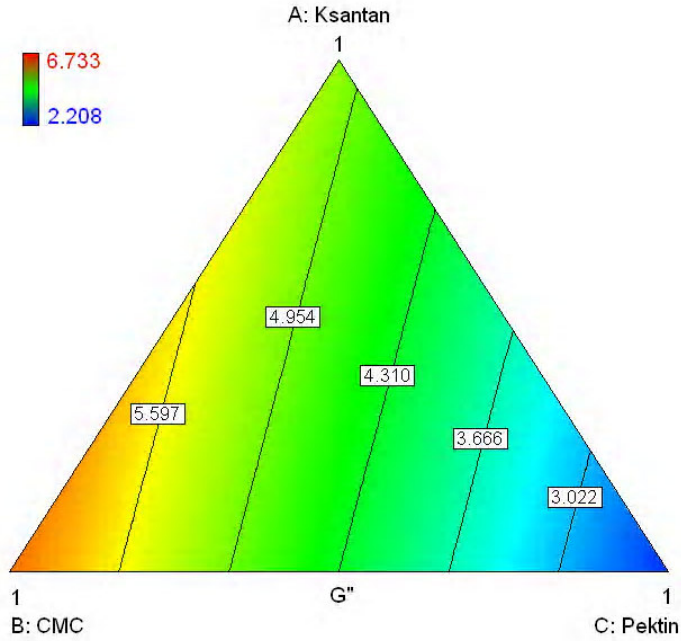
Tablo 3.56. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin kayıp modülü değerlerine ait ANOVA tablosu

Kaynak		Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri	p-değeri Prob > F
Model		19,71	2	9,85	24,03	0,0002*
Lineer Karışım		19,71	2	9,85	24,03	0,0002
Uyum Eksikliği		2,78	7	0,40	0,91	0,5904
Standart Sapma	0,64					
Ortalama	4,58					
Varyasyon Katsayısı	13,99					
Regresyon Eşitliği					R²	
Y = 5,11 A + 6,24 B + 2,38 C					0,8278	

* $p < 0,05$ SD : Serbestlik derecesi R² : Determinasyon katsayısı
A: Ksantan B: CMC C: Pektin

Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin kayıp modül değerlerinin kontur grafiklerinden (Şekil 3.35) en yüksek kayıp modül değerinin 6,733 Pa olduğu, en düşük kayıp modül değerinin ise 2,208 Pa olduğu görülmektedir. Ayrıca kayıp modül değeri CMC oranının artmasıyla artmakta, pektin oranının artmasıyla azalmaktadır ($p < 0,05$).

Sitrik asit ve şeker ortamında hazırlanan örneklerin kayıp modül değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon değerlerine bakıldığında (Tablo 3.57) sadece CMC kullanılarak hazırlanacak olan örnekte en yüksek kayıp modül değeri elde edilecek ve istenirlik oranı 0,891 olacaktır.



Şekil 3.35. Sitrik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının kayıp modül değerlerine ait kontur grafiği

Tablo 3.57. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin kayıp modülü değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	G''	İstenirlik
1	0,000	1,000	0,000	6,241	0,891
2	0,500	0,500	0,000	5,674	0,766

CMC: Karboksimetil selüloz

Örneklerin kayıp modül değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon değerlerine bakıldığında (Tablo 3.58) sadece pektin kullanılarak hazırlanacak örnekte 0,962 istenirlikle kayıp modül değerinin 2,379 Pa ile en düşük kayıp modül olması beklenmektedir.

Tablo 3.58. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin kayıp modülü değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	G''	İstenirlik
1	0,000	0,000	1,000	2,379	0,962

CMC: Karboksimetil selüloz

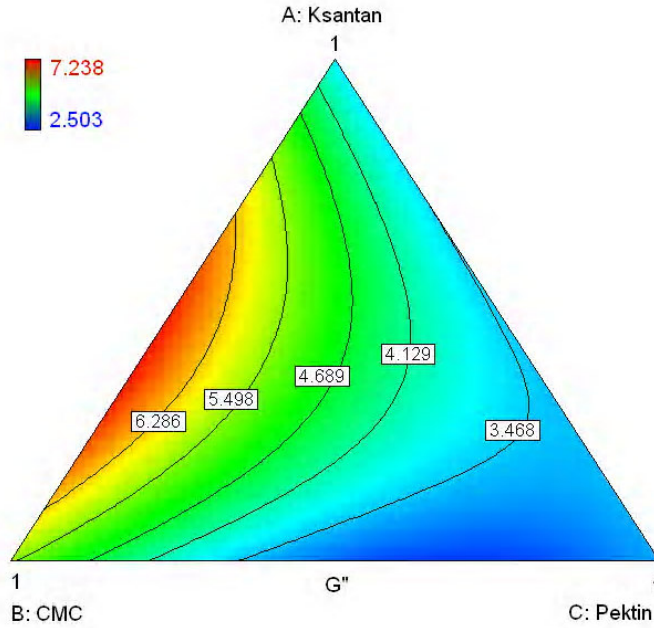
Tartarik asit ve şeker ortamında hazırlanan örneklerin kayıp modül değerlerine ait ANOVA tablosundan (Tablo 3.59) model ve lineer karışımın kayıp modülü üzerine etkisinin ve AB (Ksantan-CMC) ve BC (CMC-Pektin) etkileşimlerinin önemli olduğu görülmektedir. Uyum eksikliği de önemli bulunmuş ancak determinasyon katsayısı yüksek çıkmıştır.

Tablo 3.59. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin kayıp modülü değerlerine ait ANOVA tablosu

Kaynak	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri	p-değeri Prob > F
Model	18,57	4	4,64	24,78	0,0001*
Lineer Karışım	10,61	2	5,31	28,33	0,0002
AB	6,41	1	6,41	34,23	0,0004
BC	2,15	1	2,15	11,49	0,0095
Uyum Eksikliği	1,42	5	0,28	11,23	0,0370
Standart Sapma	0,43				
Ortalama	4,34				
Varyasyon Katsayısı	9,97				
Regresyon Eşitliği				R²	
$Y = 3,52 A + 5,57 B + 3,34 C + 10,04 AB - 5,82 BC$				0,9253	

* $p < 0,05$ SD : Serbestlik derecesi R² : Determinasyon katsayısı
A: Ksantan B: CMC C: Pektin

Şekil 3.36'da tartarik asit ve şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının kayıp modül değerlerine ait üçlü kontur grafiği verilmiştir. Bu grafikten en yüksek kayıp modül değerinin 7,238 Pa; en düşük kayıp modül değerinin ise 2,503 Pa olduğu görülmektedir. Ayrıca pektin oranı arttıkça kayıp modül değerinin azaldığı, CMC ve ksantan gam etkileşiminin artmasıyla da kayıp modül değerinin arttığı görülmektedir ($p < 0,05$).



Şekil 3.36. Tartarik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının kayıp modül değerlerine ait kontur grafiği

Örneklerin kayıp modül değerlerinin maksimize edilmiş optimizasyon seçeneklerinde (Tablo 3.60) istenirlik 0,984 ve 0,961 olan iki adet optimizasyon sunulmuştur. Her iki seçenekte de pektin kullanılmamıştır.

Tablo 3.60. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin kayıp modülü değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	G''	İstenirlik
1	0,398	0,602	0,000	7,161	0,984
2	0,500	0,500	0,000	7,056	0,961

CMC: Karboksimetil selüloz

Örneklerin minimize edilmiş optimizasyon değerlerinde ise (Tablo 3.61) iki adet optimizasyon seçeneği sunulmuştur. Her iki optimizasyonda da ksantan gam kullanılmamıştır. Optimizasyonun birinde pektin içeriği 1,000 iken diğerinde de yine yüksek orana sahip olan gam pektindir.

Tablo 3.61. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin kayıp modülü değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	G''	İstenirlik
1	0,000	0,308	0,692	2,7873	0,940
2	0,000	0,000	1,000	3,3388	0,823

CMC: Karboksimetil selüloz

3.3.2.2.3. Kompleks Modül (G*)

Sitrik asit ve şeker ortamında hazırlanan örneklerde model ve lineer karışımın kompleks modül üzerine etkisinin önemli oldukları görülmektedir (Tablo 3.62). Model seçiminde sistem $p > 0,05$ olan değerleri elimine ettikten sonra AC (ksantan-CMC) ve BC (CMC-pektin) etkileşimlerinin de önemli olduğu görülmektedir. Ayrıca uyum eksikliği önemsiz bulunmuştur.

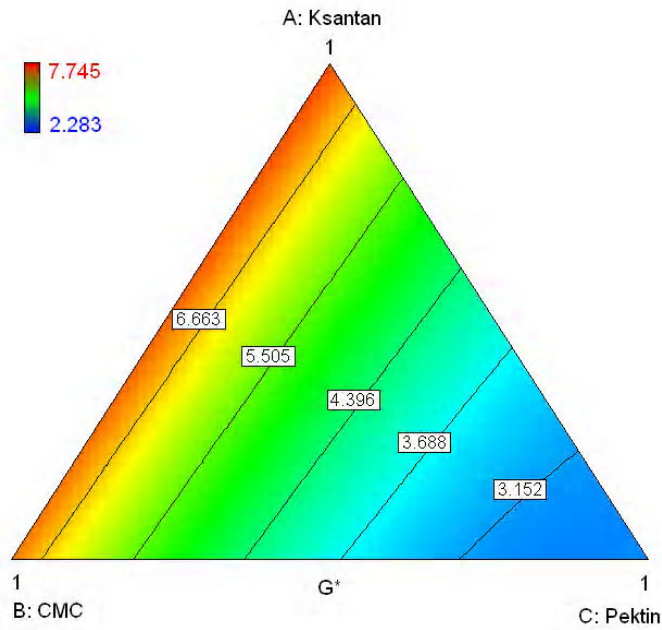
Tablo 3.62. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin kompleks modül değerlerine ait ANOVA tablosu

Kaynak	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri	p-değeri Prob > F
Model	38,07	4	9,52	37,92	< 0,0001*
Lineer Karışım	34,37	2	17,18	68,48	< 0,0001
AC	1,59	1	1,59	6,33	0,0360
BC	1,77	1	1,77	7,06	0,0290
Uyum Eksikliği	0,70	5	0,14	0,32	0,8727
Standart Sapma	0,50				
Ortalama	5,37				
Varyasyon Katsayısı	9,33				
Regresyon Eşitliği				R²	
Y = 7,40 A + 7,10 B + 3,06 C – 5,00 AC – 5,27 BC				0,9499	

* $p < 0,05$ SD : Serbestlik derecesi R² : Determinasyon katsayısı

A: Ksantan B: CMC C: Pektin

Sitrik asit, şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının kompleks modül değerlerine ait üçlü kontur grafiğine (Şekil 3.37) bakıldığında en yüksek kompleks modül değeri 7,745 Pa iken en düşük kompleks modül değerinin 2,283 Pa olduğu görülmektedir. Kompleks modül değeri CMC ve ksantan oranı arttıkça artmakta, pektin oranı arttıkça azalmaktadır ($p<0,05$).



Şekil 3.37. Sitrik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının kompleks modül değerlerine ait kontur grafiği

Örneklerin kompleks modül değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon değerlerinde (Tablo 3.63) pektin içermeyen iki adet optimizasyon seçeneği verilmiştir. Bu seçeneklerde istenirlikler 0,936 ve 0,909 olarak verilmiştir.

Tablo 3.63. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin kompleks modül değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	G*	İstenirlik
1	1,000	0,000	0,000	7,397	0,936
2	0,500	0,500	0,000	7,246	0,909

CMC: Karboksimetil selüloz

Minimize edilmiş optimizasyon seçeneklerinde ise (Tablo 3.64) üç adet optimizasyon seçeneği verilmiştir. Seçeneklerde en fazla oranda kullanılan gam pektin olmuştur.

Tablo 3.64. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin kompleks modül değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	G*	İstenirlik
1	0,000	0,117	0,883	2,983	0,872
2	0,066	0,000	0,934	3,034	0,863
3	0,000	0,000	1,000	3,056	0,859

CMC: Karboksimetil selüloz

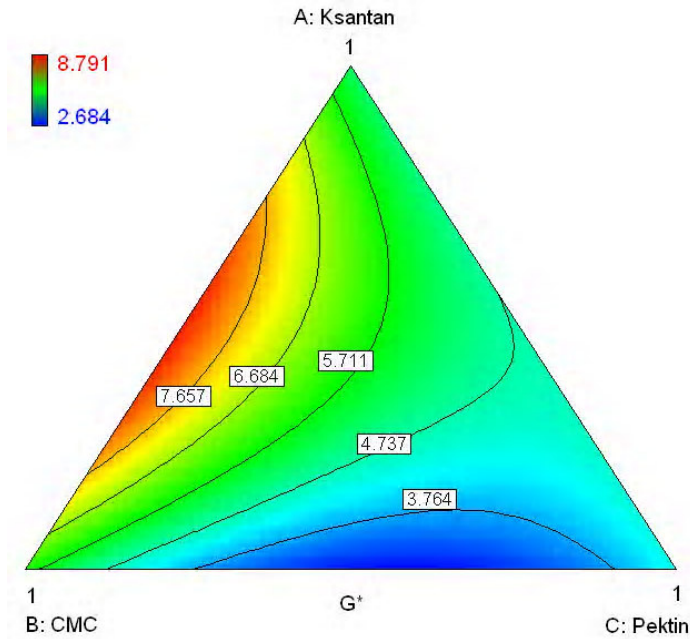
Tartarik asit ve şeker ortamında hazırlanan örneklerde model ve lineer karışımın, AB (ksantan-CMC) ve BC (CMC-pektin) etkileşimlerinin kompleks modül üzerine etkilerinin önemli olduğu görülmektedir (Tablo 3.65).

Tablo 3.65. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin kompleks modül değerlerine ait ANOVA tablosu

Kaynak	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri	p-değeri Prob > F
Model	22,54	4	5,64	11,36	0,0022*
Lineer Karışım	8,21	2	4,11	8,28	0,0113
AB	10,08	1	10,08	20,32	0,0020
BC	5,48	1	5,48	11,05	0,0105
Uyum Eksikliği	3,86	5	0,77	20,75	0,0156
Standart Sapma	0,70				
Ortalama	5,27				
Varyasyon Katsayısı	13,36				
Regresyon Eşitliği					R²
Y = 5,01 A + 5,93 B + 4,41 C + 12,58 AB – 9,28 BC					0,8503

* $p < 0,05$ SD : Serbestlik derecesi R² : Determinasyon katsayısı
A: Ksantan B: CMC C: Pektin

Tartarik asit, şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının kompleks modül değerlerine ait üçlü kontur grafiği Şekil 3.38’de gösterilmiştir. Grafiğe göre en yüksek kompleks modül değeri 8,791 Pa iken en düşük kompleks modül değerinin 2,684 Pa olduğu görülmektedir ($p < 0,05$).



Şekil 3.38. Tartarik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının kompleks modül değerlerine ait kontur grafiği

Örneklerin kompleks modül değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon değerlerinde (Tablo 3.66) pektin içermeyen iki optimizasyon seçeneği verilmiştir. 0,974 istenirliğe sahip olan optimizasyonda kompleks modül değeri 8,632 Pa iken 0,971 istenirliğe sahip olan optimizasyonda 8,615 Pa’dır.

Tablo 3.66. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin kompleks modül değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	G*	İstenirlik
1	0,463	0,537	0,000	8,632	0,974
2	0,500	0,500	0,000	8,615	0,971

CMC: Karboksimetil selüloz

Tablo 3.67'deki minimize edilmiş optimizasyon seçeneklerine bakıldığında ksantan içermeyen iki adet optimizasyon verilmiştir.

Tablo 3.67. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin kompleks modül değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	G*	İstenirlik
1	0,000	0,418	0,582	2,790	0,983
2	0,000	0,000	1,000	4,414	0,717

CMC: Karboksimetil selüloz

3.3.2.2.4. Kompleks Viskozite (η^*)

Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin kompleks viskozite değerlerine ait ANOVA tablosu Tablo 3.68'de verilmiştir. Model ve lineer karışımın kompleks viskozite üzerine etkisinin önemli oldukları görülmektedir. Model seçiminde sistem $p > 0,05$ olan değerleri elimine etmiştir. Buna göre AC (Ksantan-Pektin) ve BC (CMC-Pektin) etkileşimlerinin de önemli olduğu görülmektedir. Ayrıca uyum eksikliği önemsiz bulunmuştur

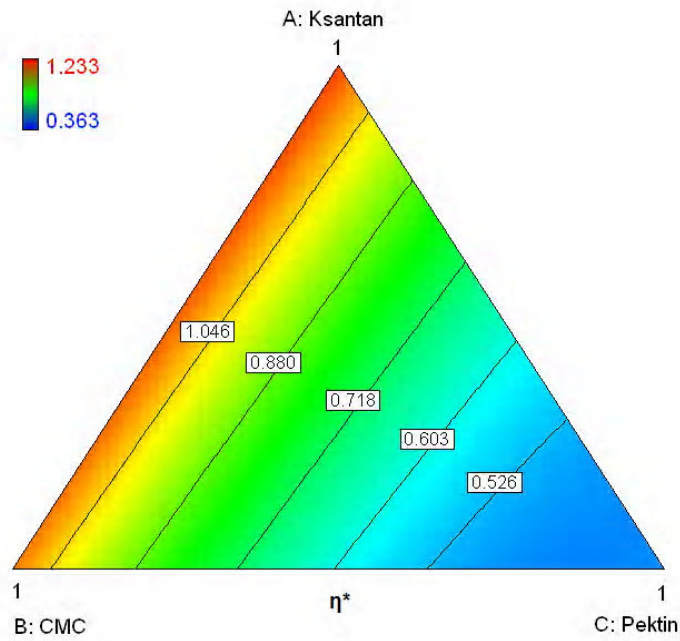
Tablo 3.68. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin kompleks viskozite değerlerine ait ANOVA tablosu

Kaynak	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri	p-değeri Prob > F
Model	0,96	4	0,24	37,89	< 0,0001*
Lineer Karışım	0,87	2	0,44	68,43	< 0,0001
AC	0,040	1	0,040	6,32	0,0361
BC	0,045	1	0,045	7,04	0,0291
Uyum Eksikliği	0,018	5	3,562E-003	0,32	0,8723
Standart Sapma	0,080				
Ortalama	0,85				
Varyasyon Katsayısı	9,34				
Regresyon Eşitliği				R²	
Y = 1,18 A + 1,13 B + 0,49 C - 0,80 AC - 0,84 BC				0,9499	

* $p < 0,05$ SD : Serbestlik derecesi R² : Determinasyon katsayısı

A: Ksantan B: CMC C: Pektin

Sitrik asit ve şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının kompleks viskozite değerlerine ait üçlü kontur grafiği Şekil 3.39’da gösterilmiştir. En yüksek kompleks viskozite değeri 1.233 Pa.s iken en düşük kompleks viskozite değerinin 0.363 Pa.s olduğu görülmektedir. Kompleks viskozite değerinin CMC ve ksantan oranının artmasıyla arttığı, pektin oranının artmasıyla azaldığı görülmektedir ($p<0.05$).



Şekil 3.39. Sitrik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının kompleks viskozite değerlerine ait kontur grafiği

Sitrik asit ve şeker ortamında hazırlanan örneklerin kompleks viskozite değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon seçeneklerinde (Tablo 3.69) pektin içermeyen iki adet optimizasyon verilmiştir. Birinci optimizasyonda sadece ksantan gam kullanılmış ve 0,936 istenirlikle 1,177 Pa.s kompleks viskozite değerine sahiptir. İkinci seçenekte ise 0,908 istenirlikte 1,153 Pa.s kompleks viskozite değeri verilmiştir.

Tablo 3.69. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin kompleks viskozite değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	η^*	İstenirlik
1	1,000	0,000	0,000	1,177	0,936
2	0,500	0,500	0,000	1,153	0,908

CMC: Karboksimetil selüloz

Minimize edilmiş optimizasyon seçeneklerinde (Tablo 3.70) iki adet optimizasyon seçeneği verilmiştir. En düşük kompleks viskozite değeri 0,475 Pa.s'dir ve hiç ksantan gam içermemektedir. İkinci seçenekte ise 0,863 istenirlikle kompleks viskozite değeri 0,483 Pa.s olarak verilmiştir.

Tablo 3.70. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin kompleks viskozite değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	η^*	İstenirlik
1	0,000	0,117	0,883	0,475	0,872
2	0,065	0,000	0,935	0,483	0,863

CMC: Karboksimetil selüloz

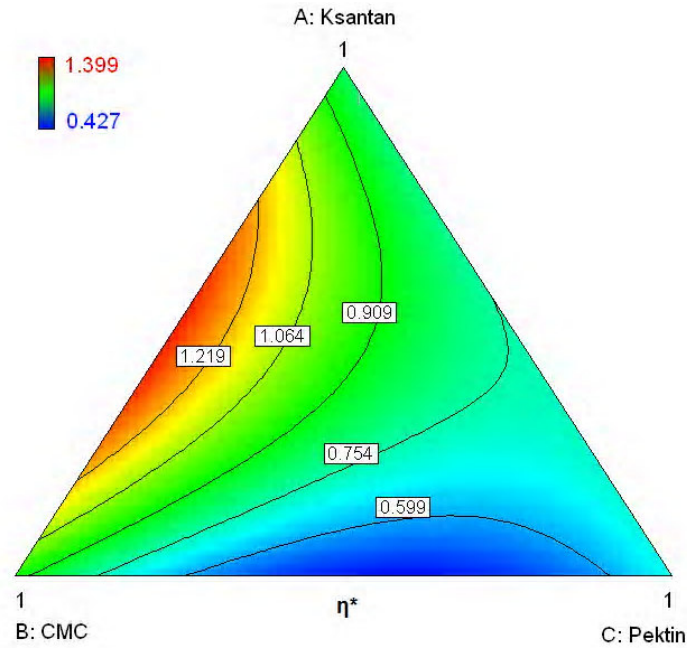
Tartarik asit ve şeker ortamındaki örneklerin model ve lineer karışımın kompleks viskozite üzerine etkisinin önemli oldukları görülmektedir (Tablo 3.71). Ayrıca etkileşimler arasından AB (ksantan-CMC) ve BC (CMC-pektin) etkileşimlerinin önemli olduğu görülmektedir.

Tablo 3.71. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin kompleks viskozite değerlerine ait ANOVA tablosu

Kaynak	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri	p-değeri Prob > F
Model	0,57	4	0,14	11,39	0,0022*
Lineer Karışım	0,21	2	0,10	8,30	0,0112
AB	0,26	1	0,26	20,37	0,0020
BC	0,14	1	0,14	11,09	0,0104
Uyum Eksikliği	0,097	5	0,019	20,62	0,0157
Standart Sapma	0,11				
Ortalama	0,84				
Varyasyon Katsayısı	13,34				
Regresyon Eşitliği				R²	
Y = 0,80 A + 0,94 B + 0,70 C + 2,00 AB – 1,48 BC				0,8506	

* $p < 0,05$ SD : Serbestlik derecesi R² : Determinasyon katsayısı
A: Ksantan B: CMC C: Pektin

Tartarik asit ve şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının kompleks viskozite değerlerine ait üçlü kontur grafiği Şekil 3.40'da gösterilmiştir. Grafiğe bakıldığında en yüksek kompleks viskozite değeri 1,399 Pa.s iken en düşük kompleks viskozite değerinin 0,427 Pa.s olduğu görülmektedir ($p < 0,05$).



Şekil 3.40. Tartarik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının kompleks viskozite değerlerine ait kontur grafiği

Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin kompleks viskozite değerleri maksimize ve minimize edilerek optimizasyonları yapılmıştır. Örneklerin kompleks viskozite değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon değerlerine bakıldığında (Tablo 3.72) pektin içermeyen ve istenirlik oranları 0,974 ve 0,971 olan iki adet seçenek verilmiştir.

Tablo 3.72. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin kompleks viskozite değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	η^*	İstenirlik
1	0,463	0,537	0,000	1,374	0,974
2	0,500	0,500	0,000	1,371	0,971

CMC: Karboksimetil selüloz

Örneklerin kompleks viskozite değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon değerlerinde (Tablo 3.73) ise ksantan içermeyen iki adet optimizasyon verilmiştir. En düşük kompleks viskozite değerleri 0,444 Pa.s ve 0,702 Pa.s'dir.

Tablo 3.73. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin kompleks viskozite değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	η^*	İstenirlik
1	0,000	0,418	0,582	0,444	0,983
2	0,000	0,000	1,000	0,702	0,717

CMC: Karboksimetil selüloz

3.3.2.2.5. Tanjant Delta ($\tan\delta$)

Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin tanjant delta değerlerine ait ANOVA tablosunda (Tablo 3.74) model ve lineer karışımın tanjant delta üzerine etkisinin önemli oldukları görülmektedir. Ayrıca uyum eksikliği önemsiz bulunmuştur.

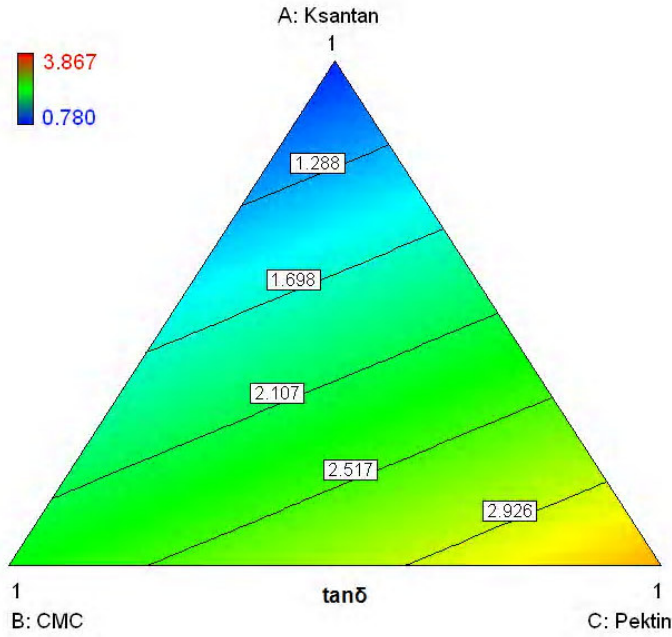
Tablo 3.74. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin tanjant delta değerlerine ait ANOVA tablosu

Kaynak	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri	p-değeri Prob > F
Model	7,61	2	3,80	14,02	0,0013*
Lineer Karışım	7,61	2	3,80	14,02	0,0013
Uyum Eksikliği	1,73	7	0,25	0,76	0,6589
Standart Sapma	0,52				
Ortalama	2,17				
Varyasyon Katsayısı	24,00				
Regresyon Eşitliği				R²	
Y = 0,88 A + 2,30 B + 3,34 C				0,7371	

* $p < 0,05$ SD : Serbestlik derecesi R² : Determinasyon katsayısı

A: Ksantan B: CMC C: Pektin

Sitrik asit ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının tanjant delta değerlerine ait kontur grafiğine (Şekil 3.41) bakıldığında en yüksek tanjant delta değeri 3,867 iken en düşük tanjant delta değerinin 0,780 olduğu görülmektedir. Tanjant değeri pektin oranı arttıkça artmakta, ksantan oranı arttıkça azalmaktadır ($p < 0,05$).



Şekil 3.41. Sitrik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının tanjant delta değerlerine ait kontur grafiği

Örneklerin tanjant delta değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon değerlerinde (Tablo 3.75) istenirlik 0,828 olan optimizasyon seçeneğinde sadece pektin bulunmakta ve tanjant delta değeri 3,336 olmaktadır.

Tablo 3.75. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin tanjant delta değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	$\tan\delta$	İstenirlik
1	0,000	0,000	1,000	3,336	0,828

CMC: Karboksimetil selüloz

Minimize edilmiş optimizasyon değerlerinde (Tablo 3.76) pektin kullanılmadan hazırlanan iki adet optimizasyon verilmiştir. Bunlara göre en düşük tanjant delta 0,878 olacaktır.

Tablo 3.76. Sitrik asit ortamında hazırlanan örneklerin tanjant delta değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	tan δ	İstenirlik
1	1,000	0,000	0,000	0,878	0,968
2	0,500	0,500	0,000	1,587	0,738

CMC: Karboksimetil selüloz

Tartarik asit ve şeker ortamında hazırlanan örneklerin tanjant delta değerlerine ait ANOVA tablosu Tablo 3.77’de verilmiştir. ANOVA tablosundan model ve lineer karışımın tanjant delta üzerine etkisinin önemli oldukları ayrıca AB (Ksantan-CMC) ve BC (CMC-Pektin) etkileşimlerinin de önemli olduğu görülmektedir.

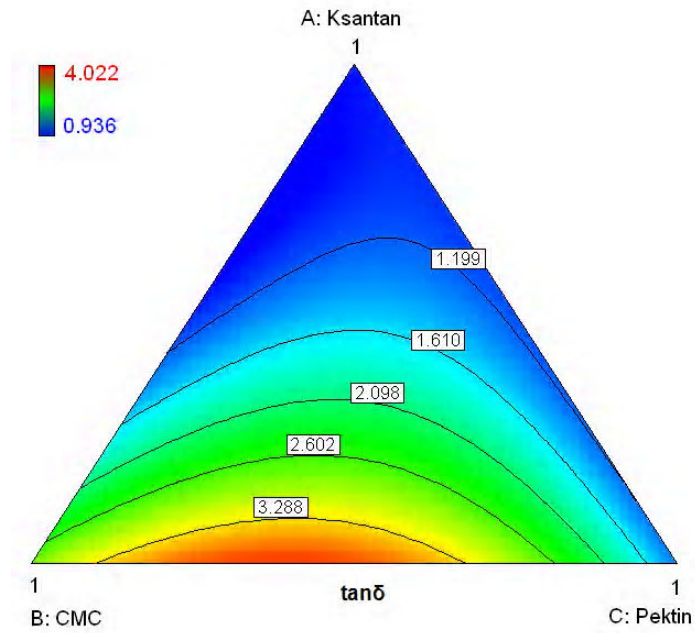
Tablo 3.77. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin tanjant delta değerlerine ait ANOVA tablosu

Kaynak	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri	p-değeri Prob > F
Model	10,18	4	2,54	17,79	0,0005*
Lineer Karışım	6,53	2	3,26	22,82	0,0005
AB	0,81	1	0,81	5,64	0,0449
BC	3,10	1	3,10	21,69	0,0016
Uyum Eksikliği	1,11	5	0,22	22,22	0,0141
Standart Sapma	0,38				
Ortalama	1,85				
Varyasyon Katsayısı	20,40				
Regresyon Eşitliği				R²	
Y = 1,02 A + 2,83 B + 1,22 C – 3,56 AB + 6,98 BC				0,8989	

* p<0,05 SD : Serbestlik derecesi R² : Determinasyon katsayısı

A: Ksantan B: CMC C: Pektin

Tartarik asit ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının tanjant delta değerlerine ait üçlü kontur grafiğinde (Şekil 3.42) en yüksek tanjant delta değeri 4,022 iken en düşük tanjant delta değerinin 0,936 olduğu görülmektedir (p<0,05).



Şekil 3.42. Tartarik asit-şeker ortamında hazırlanan gam solüsyonlarının tanjant delta değerlerine ait kontur grafiği

Sitrik asit ve şeker ortamında hazırlanan örneklerin tanjant delta değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon değerlerine bakıldığında (Tablo 3.78) istenirlik 0,949 olan optimizasyon seçeneğinde ksantan hiç bulunmazken en yüksek orana sahip olan gam CMC olmuştur.

Tablo 3.78. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin tanjant delta değerlerine ait maksimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	tan δ	İstenirlik
1	0,000	0,615	0,385	3,863	0,949

CMC: Karboksimetil selüloz

Örneklerin tanjant delta değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon değerlerine göre (Tablo 3.79) istenirlik değeri 1,000 olan yedi adet optimizasyon seçeneği verilmiştir. Bütün seçeneklerde pektin kullanılmazken en yüksek orana sahip olan gam ksantandır.

Tablo 3.79. Tartarik asit ortamında hazırlanan örneklerin tanjant delta değerlerine ait minimize edilmiş optimizasyon tablosu

Optimizasyon	Ksantan	CMC	Pektin	tanδ	İstenirlik
1	0,732	0,268	0,000	0,810	1,000
2	0,716	0,284	0,000	0,813	1,000
3	0,820	0,180	0,000	0,824	1,000
4	0,685	0,315	0,000	0,825	1,000
5	0,645	0,355	0,000	0,850	1,000
6	0,618	0,382	0,000	0,873	1,000
7	0,592	0,408	0,000	0,901	1,000

CMC: Karboksimetil selüloz

4. BÖLÜM

TARTIŞMA – SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. Tartışma-Sonuç

Sitrik asit, şeker ve tartarik asit, şeker ile hazırlanan örneklerde model ve lineer karışımın pH üzerine etkisinin önemli olduğu görülmüştür. Ayrıca sitrik asitle hazırlanan örneklerde ksantan-CMC etkileşiminin önemli olduğu saptanmıştır. Sitrik asit ile hazırlanan örneklerin pH değerleri 3,10 ile 4,51 arasında; tartarik asit ortamındaki örneklerin pH değerleri ise 2,81 ile 4,09 arasında değiştiği gözlenmiştir. Sitrik asit ile tartarik asit arasındaki bu pH farklılığının tartarik asidin asitliğinin daha kuvvetli olmasından kaynaklanacağı söylenebilir [25]. Ayrıca her iki organik asit ile hazırlanan örneklerde pektin miktarı arttıkça pH değerinde düşüş, CMC oranı arttıkça da pH değerinde artış meydana geldiği gözlenmiştir ($p < 0,05$). Bu da pektinin diğer gamlara göre daha asidik yapıda bir gam olmasından kaynaklanmaktadır. Çünkü pektin molekülü yaklaşık 3,5 pH'a sahip zayıf asittir [69]. Ayrıca örneklerin hazırlanmasında kullanılan gamların pH değerleri ksantan gam, karboksimetil selüloz ve pektinde sırasıyla $6,11 \pm 0,02$, $6,77 \pm 0,02$ ve $3,86 \pm 0,01$ olarak bulunmuştur. Bu analiz sonucunda da pektinin diğer gamlara göre daha asidik olduğu saptanmıştır.

Asitliğin belirlenmesinde kullanılan diğer bir analiz yöntemi titrasyon asitliğidir. Sitrik asit ve tartarik asitle hazırlanan örneklerde model ve lineer karışımın titrasyon asitliği üzerine etkisinin önemli oldukları görülmüştür. Titrasyon asitliği miktarları sitrik asitle hazırlanan örneklerde 0,086 ile 0,108 arasında, tartarik asitle hazırlanan örneklerde ise 0,088 ile 0,128 arasında değişmektedir. Ayrıca hem sitrik asit ile hazırlanan örneklerde hem de tartarik asitle hazırlanan örneklerde pektin miktarı arttıkça titrasyon asitliği değerinde artış, yani asitlikte artış meydana geldiği görülmüştür ($p < 0,05$).

Farklı gamlardan oluşan model sistem ortamlarında bulanıklık değerleri de değerlendirilmiştir. Sitrik asit kullanılarak hazırlanan örneklerde bulanıklık değerlerinin 1,39 ile 13,14 NTU arasında değiştiği bulunmuştur. Bulanıklık değerlerinin ksantan gam oranının arttıkça arttığı, CMC oranının arttıkça azaldığı görülmüştür ($p < 0,05$). Örneklerin bulanıklık değerleri optimize edildiğinde sadece ksantan gam kullanılarak hazırlanan örneğin bulanıklık değeri maksimum (12,85 NTU), minimum değeri ise 1,24 NTU ile sadece CMC kullanılarak hazırlanan örnekte görülmüştür. Tartarik asit kullanılarak hazırlanan örneklerde ise bulanık değerleri 1,14 ile 12 NTU arasında değiştiği bulunmuştur. Bulanıklık değeri ksantan gam oranı arttıkça artmakta, CMC oranı arttıkça azalmakta olduğu saptanmıştır ($p < 0,05$). Sonuç olarak asit çeşitliliğinin bulanıklık değeri üzerine etkisinin bulunmadığı ancak ksantan gamın, CMC ve pektine göre daha çok bulanıklık verdiği bulunmuştur.

Organik asit ortamında hazırlanan örneklerde göz önüne alınan matematiksel yöntemde (karışım dizayn) model ve lineer karışımın su aktivitesi üzerine etkilerinin önemli olduğu söylenebilir. Sitrik asit-şeker ortamında su aktivitesi değerlerinin 0,859 ile 0,881 arasında tartarik asit-şeker ortamında ise 0,861 ile 0,880 arasında değiştiği görülmüştür. Sitrik asit ve tartarik asit ortamlarında su aktivitesi değerlerinin asit çeşitliliğinden etkilenmediği ancak iki farklı asit ortamlarında kullanılan farklı gamların oranlarına göre su aktivitesi değerlerinin değiştiği bulunmuştur.

Organik asit ortamlarında hazırlanan örneklerde seçilen matematiksel yöntemde model ve lineer karışımın % briks değerleri üzerine etkilerinin önemli olduğu söylenebilir. Her iki organik için de ANOVA tablosunda (Tablo 3.26 ve Tablo 3.29) uyum eksikliği de önemli çıkmıştır ancak model seçiminde sistem $p > 0,05$ olan değerleri elimine ettiği halde determinasyon katsayıları yüksek çıkmıştır. Sitrik asit ortamında % briks değerleri 61,80 ile 63,08 arasında tartarik asit ortamında ise 61,71 ile 63,35 arasında değişmektedir. Sitik asit veya tartarik asit briks değerini fazla değiştirmemiştir. Ayrıca her iki asit ortamında da ksantan gam ve CMC'nin ortak kullanımını %briks miktarını artırmaktadır.

Organik asit ortamında hazırlanan örneklerin reolojik özellikleri incelendiğinde artan kesme hızına bağlı olarak, görünür viskozite değerlerinde azalma görülmüştür. En iyi

yapıyı belirlemek için reolojik özelliklerden kıvam katsayısının, görünür viskozitenin ve depo modülün maksimum olması gerekir.

Sitrik asit, şeker ve tartarik asit, şeker ortamlarında kıvam katsayısı değerlerinde model ve lineer karışım istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Hem sitrik asit hem de tartarik asit ortamlarında CMC oranı arttıkça kıvam katsayılarının arttığı gözlenmiştir ($p < 0,05$). Sitrik asit ortamında kıvam katsayısı maksimize edilerek optimizasyon yapıldığında, en yüksek kıvam katsayısını sadece CMC kullanılarak oluşturulan örnekte saptanmıştır. Kıvam katsayısı $1,304 \text{ Pa.s}^n$ olarak en yüksek kıvam katsayısının istenirlik (desirability) oranı $0,977$ olarak bulunmuştur. Minimize olarak optimizasyon yapıldığında en düşük kıvam katsayısını veren örneğin sadece pektin içerdiği ve minimum kıvam katsayısının ise $0,150 \text{ Pa.s}^n$ olduğu saptanmıştır. Özellikle reçellerde sitrik asit ortamında pektin ürünün yapısını, kıvamını geliştirmek için kullanılmaktadır. Çalışma sonucuna bakıldığında minimum kıvam katsayısını pektin vermektedir. Tartarik asit ortamında kıvam katsayısı maksimize edilerek optimizasyon yapıldığında en yüksek kıvam katsayısını CMC ve ksantan gamın farklı oranlarda karıştırılarak oluşturulan örneklerde olduğu bulunmuştur. Sitrik ve tartarik asit ortamları karşılaştırıldığında gamların sitrik asit ortamında daha yüksek kıvam katsayısı verdikleri tespit edilmiştir.

Organik asit şeker ortamlarında seçilen matematiksel yöntemde model ve lineer karışımın görünür viskozite üzerine etkilerinin önemli olduğu görülmüştür. Hem sitrik hem de tartarik asit ortamında CMC miktarı arttıkça görünür viskozite değerinin arttığı gözlenmiştir ($p < 0,05$). Görünür viskozite değerleri maksimize edildiğinde hem sitrik asit hem de tartarik asit ortamında sadece CMC kullanımıyla maksimum görünür viskozite değerine ulaşılabileceği görülmüştür.

Reolojik özelliklerinde depo modülü (G') değerlerinin sitrik asit ve şeker ortamında ksantan gam miktarı arttıkça artmakta, pektin miktarı arttıkça azalmakta olduğu görülmüştür. Tartarik asit ve şeker ortamında ise CMC ve ksantan gam miktarı arttıkça depo modül değerinin arttığı bulunmuştur. Maksimize edilmiş optimizasyon seçeneklerine bakıldığında sitrik asit ve şeker ortamında maksimum depo modülün elde edileceği örneğin sadece ksantan gamın yer aldığı örnek olduğu anlaşılmıştır. Tartarik

asit ve şeker ortamında ise depo modülünün maksimum değerinin ksantan gam ve CMC' nin farklı oranlarda karıştırılmasıyla elde edildiği görülmüştür.

4.2. Öneriler

Çalışma sonucunda elde edilen bulgular doğrultusunda yapılabilecek öneriler şu şekilde özetlenebilir;

- Sitrik asit-şeker ve tartarik asit-şeker ortamlarında en iyi kıvam katsayısı değerini karboksimetil selüloz (CMC) ve CMC-ksantan gam kombinasyonları vermiştir. Özellikle reçellerde kıvamı geliştirmek için sitrik asit ortamında pektinin kullanıldığı düşünüldüğünde pektin yerine CMC veya CMC- ksantan gam kombinasyonlarının kullanılması ile daha iyi bir kıvam elde edilebilir.
- Kullanılan gamların maliyetleri göz önüne alındığında CMC ve ksantan gamın maliyetleri de pektine göre daha uygundur. Uygun maliyetli ürün elde edilebilmesi amacıyla pektin yerine CMC gamının kullanılmasının daha ekonomik olacağı düşünülmektedir.
- CMC ve CMC-ksantan gam kombinasyonlarının pektine göre daha yüksek kıvam katsayısı verdiği düşünüldüğünde CMC veya CMC-ksantan gam kombinasyonlarından daha az miktarlarda kullanılarak istenilen kıvamı elde edebilmek mümkün olacaktır. Bu sayede uygun reçete maliyetleri elde edilebilir.
- Çalışma sonucunda ksantan gamın diğer gamlara göre daha fazla bulanıklık verdiği, CMC'nin ise en az bulanıklık veren gam olduğu bulunmuştur. Buna göre özellikle bulanıklığın istenildiği gıda reçetelerinde gam seçimi yapılırken ksantan gamın, bulanıklığın istenilmediği gıda reçetelerinde ise CMC gamın kullanılmasının daha uygun olacağı söylenebilir.

KAYNAKLAR

1. Altuğ, T., 2006. Gıda Katkı Maddeleri. Meta Basım, İzmir, 276 s.
2. Naji, S., Razavi, S.M.A., Karazhiyan, H., 2012. Effect of thermal treatments on functional properties of cress seed (*Lepidium sativum*) and xanthan gums: A comparative study, **Food Hydrocolloids**, **28**: 75-81.
3. Sungur, B., Ercan, R., 2004. Suda çözünebilir gıamların gıda endüstrisinde kullanım olanakları, **Gıda Mühendisliği Dergisi**, **8** (17): 28-32.
4. Dickinson, E., 2003. Hyrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispered system, **Food Hydrocolloids**, **17**: 25-39.
5. Cho, S.S., Prosky, L., Dreher, M., 1999. Complex Carbonhydrates in Foods. Marcel Dekker, New York, 676 pp.
6. Kılınççeker, O., Küçüköner, E., 2005. Gıdalarda gıamların yenilebilir film olarak kullanımı, **Gıda**, **30** (3): 181-186.
7. Schenz, T.W., 1995. Glass transition and product stability-an over review, **Food Hydrocolloids**, **9**: 307-315.
8. Akhtar, M., Murray, B.S., Dickinson, E., 2006. Perception of creaminess of model oil-in-water dairy emulsions: Influence of the shear-thinning nature of a viscosity-controlling hydrocolloid, **Food Hydrocolloids**, **20**: 839-847.
9. Doğan, M., Kayacıer, A., İç, E., 2007. Rheological characteristics of some food hydrocolloids processed with gamma irradiation, **Food Hydrocolloids**, **21**: 392-396.
10. Şahin, H., Özdemir, F., 2004. Effect of some hydrocolloids on the rheological properties of different formulated ketchups, **Food Hydrocolloids**, **18**: 1015-1022.
11. Garcia-Ochoa, F., Santos, V.E., Casas, J.A., Gomez, E., 2000. Xanthan gum: production, recovery and properties, **Biotechnology Advances**, **18**: 549-579.

12. Rosalam, S., England, R., 2006. Review of xanthan gum production from unmodified starches by *Xanthomonas campestris* sp., **Enzyme and Microbial Technology**, **39**: 197–207.
13. Iseki, T., Takahashi, M., Hattori, H., Hatakeyama, T., Hatakeyama, H., 2001. Viscoelastic properties of xanthan gum hydrogels annealed in the solstate, **Food Hydrocolloids**, **15**: 503-506.
14. Scborsch, C., Gamier, C., Doublier, J.L., 1997. Viscoelastic properties of xanthan /galactomannan mixtures: comparison of guar gum with locust bean gum, **Carbohydrate Polymers**, **34**: 165-175.
15. Katzbauer, B., 1998. Properties and applications of xanthan gum, **Polymer Degradation and Stability**, **59**: 81-84.
16. Saldamlı, İ., 2007. Gıda Kimyası. Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, 587 s.
17. Schroter, K., Flaschel, E., Pühler, A., Becker, A., 2001. *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* secretes the endoglucanases ENGXCA and ENGXCB: Construction of an endoglucanase-deficient mutant for industrial xanthan production, **Applied Microbiology and Biotechnology**, **55**: 727-733.
18. Ramirez, J.A., Barrera, M., Morales, O.G., Vazquez, M., 2002. Effect of xanthan and locust bean gums on the gelling properties of myofibrillar protein, **Food Hydrocolloids**, **16**: 11-16.
19. Renou, F., Petibon, O., Malhiac, C., Grisel, M., 2013. Effect of xanthan structure on its interaction with locust bean gum: Toward prediction of rheological properties, **Food Hydrocolloids**, **32**: 331-340.
20. Rottava, I., Batesini, G., Silva, M.F., Lerin, L., 2009. Xanthan gum production and rheological behavior using different strains of *Xanthomonas* sp., **Carbohydrate Polymers**, **77**: 65–71.
21. Becker, A., Katzen, F., Pühler, A., Ielpi, L., 1998. Xanthan gum biosynthesis and application: a biochemical/genetic perspective, **Applied Microbiology and Biotechnology**, **50**: 145-152.
22. Thakur, B.R., Singh, R.K., Handa, A.K., 1997. Chemistry and uses of pectin -A review, **Food Science and Nutrition**, **37** (1): 47-73.

23. Cemeroğlu, B., 2009. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No:38, Ankara, 707 s.
24. Kjøniksen, A.L., Hiorth, M., Nyström, B., 2005. Association under shear flow in aqueous solutions of pectin, **European Polymer Journal**, **41**: 761-770.
25. Çakmakçı, S., Çelik, İ., 2004. Gıda Katkı Maddeleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notu No:164, Erzurum, 214 s.
26. Lopes da Silva, J.A., Rao, M.A., 2006. Pectins: Structure, Functionality, and Uses. In: Food Polysaccharides and Their Applications. Eds: Stephen, A., Phillips, G.O., Williams P.A., Taylor & Francis Group, LLC, 712 pp.
27. Zuritz, C.A., Puentes, E.M., Mathey, H.H., Pérez, E.H., Gascón, A., 2005. Density, viscosity and coefficient of thermal expansion of clear grape juice at different soluble solid concentrations and temperatures, **Journal of Food Engineering**, **71**: 143-149.
28. Haminiuk, C.W.I., Sierakowski, M.R., Branco, I.G., Maciel, G.M., Mason, M.L., 2007. Rheological study of ternary mixtures and pectic gels of red fruit pulps, **International Journal of Food Science and Technology**, **42**: 629-639.
29. Pushpamalar, V., Langford, S.J., Ahmad, M., Lim, Y.Y., 2006. Optimization of reaction conditions for preparing carboxymethyl cellulose from sago waste, **Carbohydrate Polymers**, **64**: 312-318.
30. Feller, R.L., Wilt, M., 1990. Evaluation of Cellulose Ethers for Conservation. The Cetty Conservation Institute, Los Angeles, 161 pp.
31. Bayarri, S., Gonzalez-Tomas, L., Costell, E., 2009. Viscoelastic properties of aqueous and milk systems with carboxymethyl cellulose, **Food Hydrocolloids**, **23**: 441-450.
32. Yaşar, F., Toğrul, H., Arslan, N., 2007. Flow properties of cellulose and carboxymethyl cellulose from orange peel, **Journal of Food Engineering**, **81**: 187-199.
33. Biswal, D.R., Singh, R.P., 2004. Characterisation of carboxymethyl cellulose and polyacrylamide graft copolymer, **Carbohydrate Polymers**, **57**: 379-387.

34. Abdelrahim, K.A., Ramaswamy, H.S., 1995. High temperature/pressure rheology carboxymethyl cellulose (CMC), **Food Research International**, **28** (3): 285-290.
35. Acar, J., Gökmen, V., 2000. Meyve ve Sebze Teknolojisi (Meyve ve Sebze Suyu Üretim Teknolojisi). Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, Ankara, 225 s.
36. Simpson, B., 2012. Food Biochemistry and Food Processing, Wiley-Blackwell Publishing, 896 pp.
37. Shui, G., Leong, L.P., 2002. Separation and determination of organic acids and phenolic compounds in fruit juices and drinks by high performance liquid chromatography, **Journal of Chromatography**, **977**: 89–96.
38. Karasu Yalçın, S., Bozdemir, M.T., Özbaş, Y.Z., 2010. Fermantasyon yolu ile sitrik asit üretiminde farklı substrat kaynaklarının kullanılma olanakları, **Gıda**, **35** (2): 135-142.
39. Smith, J., Hong-Shum, L., 2003. Food Additives Data Book. Blackwell Science, Malden, 1016 pp.
40. Grewal, H.S., Kalra, K.L., 1995. Fungal production of citric acid, **Biotechnology Advances**, **13** (2): 209-234.
41. Clark, A.C., Prenzler, P.D., Scollary, G.R., 2007. Impact of the condition of storage of tartaric acid solutions on the production and stability of glyoxylic acid, **Food Chemistry**, **102**: 905-916.
42. Hui, Y.H., 2006. Food Biochemistry and Food Processing. Blackwell Publishing. Malden, 769 pp.
43. Tabilo-Munizaga, G., Barbosa-Ca'novas, G., 2005. Rheology for the food industry, **Journal of Food Engineering**, **67** :147-156.
44. Rao, M.A., 1999. Rheology of Fluid and Semisolid Foods Principles and Applications. Aspen Publishers, Gaithersburg, Maryland, 441 pp.
45. İbanoğlu, Ş., İbanoğlu, E., 1998. Rheological characterization of some traditional Turkish Soups, **Journal of Food Engineering**, **35**: 251-256.
46. Steffe, J.F., 1996. Rheological Methods in Food Process Engineering. Freen Press, US, 428 pp.

47. Krokida, M.K., Maroulis, Z.B., Saravacos, G.D., 2001. Rheological properties of fluid fruit and vegetable puree products: Compilation of literature data, **International Journal of Food Properties**, **4** (2), 179-20.
48. Nindo, C.I., Tang, J., Powers, J.R., Singh, P., 2005. Viscosity of blueberry and raspberry juices for processing applications, **Journal of Food Engineering**, **69**, 343-350.
49. Barnes, H.A., Hutton, J.F., Walters, K., 1989. An Introduction to Rheology. Elsevier Science B. V., Netherlands, 199 pp.
50. Fischer, P., Windhab, E.J., 2011. Rheology of food materials, **Current Opinion in Colloid & Interface Science**, **16** : 36-40.
51. Kayacıer, A., Doğan, M., 2006. Rheological properties of some gums-salep mixed solutions, **Journal of Food Engineering**, **72**: 261–265.
52. Alpaslan, M., Hayta, M., 2002. Rheological and sensory properties of pekmez (grape molasses)/tahin (sesame paste) blends, **Journal of Food Engineering**, **54**: 89-93.
53. Marcotte, M., Taherian, A.R., Trigui, M., Ramaswamy, H.S., 2001. Evaluation of rheological properties of selected salt enriched food hydrocolloids, **Journal of Food Engineering**, **48**: 157-167.
54. Khouryieh, H.A., Herald, T.J., Aramouni, F., Alavi, S., 2006. Influence of Mixing Temperature on Xanthan Conformation and Interaction of Xanthan–Guar Gum in Dilute Aqueous Solutions, **Food Research International**, **39**: 964-973.
55. Casas, J.A., Garcja-Ochoa, F., 1999. Viscosity of solutions of xanthan/locust bean gum mixtures, **Journal of the Science of Food and Agriculture**, **79**: 25-31.
56. Higiro, J., Herald, T.J., Alavi, S., Bean, S., 2007. Rheological study of xanthan and locust bean gum interaction indilute solution: Effect of salt, **Food Research International**, **40**: 435-447.
57. Köksoy, A., Kılıç, M., 2003. Effects of water and salt level on rheological properties of ayran, a turkish yoghurt drink, **International Dairy Journal**, **13**: 835-839.

58. Yun Lin, H., Chu Tsai, J., Shih Lai, L., 2009. Effect of salts on the rheology of hydrocolloids from mulberry (*Morus alba* L.) leaves in concentrated domain, **Food Hydrocolloids**, **23**: 2331-2338.
59. Engez, T.S., Uğur, H., Karagülle, B., 2006. Ayran üretiminde çeşitli kıvam vericilerin kullanım olanaklarının araştırılması, **Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**, **2.2**: 129-134.
60. Afoakwa, E.O., Paterson, M.F., Vieira, J., 2008. Relationship between rheological, textural and melting properties of dark chocolate as influenced by particle size distribution and composition, **European Food Research Technology**, **227**: 1215-1223.
61. Guerrero, S.N., Alzamora, S.M., 1997. Effect of pH, Temperature and Glucose Addition on Flow Behaviour of Fruit Purees: II. Peach, Papaya and Mango Purees, **Journal of Food Engineering**, **33**: 239-256.
62. Ahmed, J., Ramaswamy, H.S., 2004. Response surface methodology in rheological characterization of papaya puree, **International Journal of Food Properties**, **7**(1), 45-58.
63. Nindo, C.I., Tang, J., Powers, J.R., Takhar, P.S., 2007. Rheological properties of blueberry puree for processing applications, **Food Science and Technology**, **40**: 292-299
64. Maskan, M., 1999: Rheological behaviour of liquorice extract, **Journal of Food Engineering**, **39**: 389-393.
65. Xu, X., Liu, W., Zhang, L., 2006. Rheological behavior of Aeromonas gum in aqueous solutions, **Food Hydrocolloids**, **20**: 723-729.
66. Cemeroğlu, B., 1992. Meyve ve Sebze İşleme Endüstrisinde Temel Analiz Metotları. Biltav Yayınları, Ankara, 381 s.
67. Cengiz, E., Doğan, M., Karaman, S., 2013. Characterization of rheological interactions of Gleditsia triacanthos gum with some hydrocolloids: Effect of hydration temperature, **Food Hydrocolloids**, **32**: 453-462.
68. Cemeroğlu, B., 2010. Gıda Analizleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No:34. Ankara, 557 s.
69. Özdoğan, F. 2006. Domates Reçel Ürünlerinin Geliştirilmesi ve Değerlendirilmesi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale, 87s.

EKLER

EK-1. Gamlarda Yapılan Fizikokimyasal Analiz Sonuçları

Gam	pH	Nem (%)	Su Tutma Kapasitesi (ml/g)	Yağ Tutma Kapasitesi (ml/g)
Pektin 1	3,84	6,55	10,60	3,06
Pektin 2	3,86	6,62	10,10	3,06
Pektin 3	3,87	6,71	10,37	3,02
Pektin 4	3,86	6,60	10,15	3,01
Pektin 5	3,88	6,57	10,18	3,09
Ksantan 1	6,11	10,37	33,25	3,59
Ksantan 2	6,09	10,12	33,35	3,18
Ksantan 3	6,12	10,20	33,25	3,58
Ksantan 4	6,14	10,08	33,68	3,20
Ksantan 5	6,08	10,28	33,05	3,37
CMC 1	6,78	8,53	12,23	3,43
CMC 2	6,77	8,63	12,27	3,04
CMC 3	6,74	8,24	12,81	3,06
CMC 4	6,79	8,54	12,16	3,08
CMC 5	6,76	8,58	12,63	3,25

EK-2. Örneklerde Yapılan Fizikokimyasal Analiz Sonuçları

Sitrik Asit Fizikokimyasal Datalar					
Model	Briks	pH	Su Aktivitesi	Bulanıklık	Titrasyon Asitliği
1	61,74	3,63	0,878	13,20	0,102
1	61,79	3,62	0,881	13,40	0,096
1	61,81	3,61	0,880	13,15	0,096
1	61,89	3,63	0,879	13,00	0,102
1	61,78	3,62	0,878	12,96	0,096
2	62,34	3,14	0,858	5,39	0,102
2	62,37	3,08	0,862	5,45	0,108
2	62,40	3,10	0,866	5,36	0,114
2	62,41	3,08	0,859	5,48	0,102
2	62,44	3,11	0,853	5,43	0,114
3	62,07	4,51	0,861	1,50	0,090
3	62,16	4,52	0,858	1,38	0,083
3	62,12	4,49	0,860	1,42	0,083
3	62,15	4,48	0,863	1,36	0,090
3	62,08	4,53	0,862	1,45	0,090
4	62,79	4,38	0,865	5,97	0,089
4	62,65	4,35	0,862	6,10	0,089
4	62,87	4,40	0,866	6,13	0,089
4	62,86	4,41	0,865	6,15	0,089
4	62,74	4,37	0,863	5,95	0,096
5	62,66	4,19	0,867	4,70	0,089
5	62,08	4,23	0,873	4,75	0,089
5	62,21	4,21	0,868	4,80	0,089
5	62,13	4,22	0,866	4,74	0,096
5	62,26	4,22	0,871	4,84	0,096
6	63,08	3,75	0,879	9,52	0,095
6	62,98	3,78	0,876	9,70	0,095
6	63,10	3,76	0,883	9,67	0,095
6	63,03	3,76	0,878	9,45	0,095
6	63,21	3,73	0,883	9,83	0,089
7	62,33	3,15	0,862	5,30	0,104
7	62,40	3,20	0,867	5,52	0,110
7	62,38	3,21	0,860	5,45	0,104
7	62,36	3,18	0,857	5,38	0,110
7	62,27	3,16	0,860	5,40	0,110

EK-2 DEVAMI-Sitrik Asit Fizikokimyasal Datalar

8	62,02	3,45	0,878	4,97	0,101
8	62,18	3,48	0,878	5,12	0,108
8	62,20	3,46	0,876	5,26	0,101
8	62,19	3,46	0,876	5,03	0,101
8	62,14	3,47	0,879	4,95	0,108
9	62,28	3,88	0,877	2,58	0,095
9	62,25	3,87	0,881	2,61	0,095
9	62,23	3,90	0,881	2,53	0,095
9	62,27	3,91	0,880	2,68	0,089
9	62,10	3,90	0,879	2,64	0,089
10	62,76	3,28	0,867	8,68	0,102
10	62,65	3,32	0,871	8,80	0,108
10	62,60	3,31	0,872	9,10	0,102
10	62,64	3,31	0,873	8,92	0,102
10	62,82	3,30	0,865	8,97	0,108
11	62,78	3,60	0,880	6,09	0,096
11	62,80	3,63	0,882	5,99	0,096
11	62,82	3,61	0,881	6,17	0,096
11	62,83	3,61	0,884	6,12	0,102
11	62,87	3,60	0,879	6,02	0,096
12	61,83	3,65	0,877	12,70	0,095
12	61,84	3,61	0,878	13,20	0,095
12	61,80	3,63	0,875	13,40	0,101
12	61,87	3,64	0,873	13,40	0,101
12	61,78	3,61	0,876	12,90	0,095
13	62,02	4,43	0,870	1,38	0,090
13	62,08	4,46	0,866	1,40	0,090
13	62,03	4,47	0,864	1,36	0,090
13	62,20	4,45	0,868	1,41	0,090
13	62,19	4,46	0,868	1,39	0,083

EK-2 DEVAMI-Tartarik Asit Fizikokimyasal Datalar

Tartarik Asit Fizikokimyasal Datalar					
Model	Briks	pH	Su Aktivitesi	Bulanıklık	Titrasyon Asitliği
1	0,877	3,26	0,877	12,20	0,119
1	0,878	3,25	0,878	12,10	0,112
1	0,874	3,25	0,874	12,20	0,112
1	0,875	3,24	0,875	11,80	0,104
1	0,872	3,25	0,872	11,70	0,112
2	0,860	2,79	0,860	6,30	0,127
2	0,861	2,80	0,861	6,28	0,127
2	0,864	2,80	0,864	6,34	0,135
2	0,863	2,82	0,863	6,32	0,127
2	0,862	2,82	0,862	6,36	0,127
3	0,862	4,04	0,862	1,13	0,084
3	0,860	4,06	0,860	1,19	0,092
3	0,863	4,08	0,863	1,15	0,092
3	0,862	4,07	0,862	1,14	0,092
3	0,863	4,06	0,863	1,10	0,092
4	0,865	3,80	0,865	6,23	0,116
4	0,866	3,81	0,866	6,22	0,116
4	0,863	3,78	0,863	6,20	0,108
4	0,864	3,78	0,864	6,24	0,108
4	0,865	3,80	0,865	6,25	0,116
5	0,872	3,78	0,872	3,36	0,106
5	0,871	3,80	0,871	3,34	0,114
5	0,869	3,79	0,869	3,30	0,106
5	0,872	3,81	0,872	3,32	0,114
5	0,868	3,80	0,868	3,35	0,114
6	0,877	3,30	0,877	9,28	0,129
6	0,876	3,27	0,876	9,25	0,129
6	0,879	3,32	0,879	9,23	0,122
6	0,878	3,31	0,878	9,26	0,122
6	0,879	3,28	0,879	9,25	0,122
7	0,862	2,83	0,862	6,40	0,128
7	0,861	2,85	0,861	6,45	0,128
7	0,862	2,85	0,862	6,38	0,128
7	0,861	2,86	0,861	6,34	0,128
7	0,860	2,84	0,860	6,36	0,121

EK-2 DEVAMI-Tartarik Asit Fizikokimyasal Datalar

8	0,876	3,08	0,876	5,40	0,115
8	0,877	3,05	0,877	5,44	0,115
8	0,879	3,07	0,879	5,39	0,115
8	0,876	3,10	0,876	5,37	0,107
8	0,878	3,07	0,878	5,34	0,115
9	0,882	3,58	0,882	2,73	0,124
9	0,881	3,60	0,881	2,80	0,124
9	0,878	3,59	0,878	2,75	0,116
9	0,880	3,60	0,880	2,78	0,116
9	0,881	3,58	0,881	2,77	0,116
10	0,870	3,12	0,870	8,45	0,122
10	0,868	3,08	0,868	8,42	0,122
10	0,869	3,09	0,869	8,54	0,114
10	0,871	3,10	0,871	8,52	0,114
10	0,869	3,07	0,869	8,48	0,114
11	0,878	3,37	0,878	6,17	0,107
11	0,881	3,38	0,881	6,20	0,107
11	0,879	3,40	0,879	6,15	0,114
11	0,878	3,42	0,878	6,20	0,114
11	0,882	3,36	0,882	6,18	0,107
12	0,872	3,27	0,872	11,50	0,112
12	0,878	3,28	0,878	11,70	0,112
12	0,878	3,29	0,878	11,68	0,105
12	0,877	3,26	0,877	11,76	0,112
12	0,876	3,27	0,876	11,80	0,112
13	0,863	4,07	0,863	1,26	0,084
13	0,866	4,09	0,866	1,24	0,092
13	0,865	4,09	0,865	1,14	0,092
13	0,865	4,10	0,865	1,18	0,092
13	0,864	4,08	0,864	1,20	0,084

EK-3. Örneklerde Yapılan Yatışkın Hal (Steady state) Reolojik Analiz Sonuçları

Sitrik Asit Yatışkın Hal Reolojik Datalar			
Model	K	n	η_{50}
1	0,9593	0,6367	0,229
1	0,9208	0,6383	0,219
1	0,9473	0,6428	0,229
1	0,9439	0,6349	0,222
1	0,9473	0,6428	0,229
2	0,1841	0,9523	0,153
2	0,1905	0,9142	0,137
2	0,2013	0,8938	0,132
2	0,1910	0,9399	0,150
2	0,1702	0,9720	0,151
3	1,2990	0,6869	0,381
3	1,3350	0,6836	0,387
3	1,3130	0,6842	0,381
3	1,3130	0,6820	0,381
3	1,2810	0,6845	0,373
4	1,0250	0,6579	0,266
4	0,9792	0,6631	0,259
4	1,0140	0,6603	0,265
4	0,9577	0,6619	0,251
4	0,9535	0,6608	0,250
5	0,8681	0,7229	0,292
5	0,9401	0,7186	0,311
5	0,9378	0,7315	0,326
5	0,8995	0,7204	0,300
5	0,9450	0,7188	0,313
6	0,8266	0,6853	0,237
6	0,8024	0,7013	0,245
6	0,7970	0,7103	0,253
6	0,7267	0,7338	0,250
6	0,7874	0,7101	0,249
7	0,1626	0,9437	0,129
7	0,1513	0,9597	0,128
7	0,1521	0,9577	0,128
7	0,1876	0,9281	0,141
7	0,1545	0,9364	0,120

EK-3. DEVAMI- Sitrik Asit Yatışkm Hal Reolojik Datalar

8	0,1948	1,0480	0,228
8	0,2954	0,9271	0,219
8	0,2524	0,9712	0,222
8	0,2839	0,9498	0,229
8	0,2124	1,0170	0,221
9	0,5311	0,8180	0,260
9	0,4010	0,9247	0,293
9	0,5349	0,8225	0,266
9	0,4113	0,9162	0,291
9	0,4672	0,8742	0,283
10	0,5311	0,8180	0,260
10	0,4010	0,9247	0,293
10	0,5349	0,8225	0,266
10	0,4113	0,9162	0,291
10	0,4672	0,8742	0,283
11	0,5015	0,8280	0,251
11	0,6243	0,7876	0,267
11	0,5345	0,8265	0,266
11	0,4634	0,8625	0,263
11	0,5386	0,8162	0,258
12	0,6942	0,7540	0,256
12	0,6926	0,7573	0,256
12	0,7078	0,7458	0,251
12	0,9169	0,6832	0,259
12	0,8887	0,6752	0,243
13	1,3950	0,7229	0,470
13	1,3180	0,7523	0,498
13	1,2000	0,7687	0,478
13	1,3980	0,7085	0,444
13	1,3420	0,7373	0,476

EK-3 DEVAMI-Tartarik Asit Yatışkın Hal Reolojik Datalar

Tartarik Asit Yatışkın Hal Reolojik Datalar			
Model	K	n	η_{50}
1	0,6143	0,7339	0,212
1	0,6465	0,7073	0,203
1	0,6729	0,7151	0,216
1	0,6413	0,7077	0,201
1	0,6386	0,6984	0,193
2	0,7307	0,7207	0,243
2	0,6957	0,7092	0,221
2	0,7199	0,7115	0,231
2	0,7228	0,7090	0,230
2	0,7298	0,7114	0,234
3	0,9441	0,7493	0,353
3	0,8777	0,7286	0,307
3	0,8667	0,7310	0,306
3	0,9509	0,7352	0,338
3	0,9185	0,7346	0,325
4	1,0270	0,6867	0,300
4	1,0610	0,6824	0,302
4	1,0180	0,6841	0,293
4	1,0200	0,6839	0,293
4	1,0410	0,6852	0,300
5	0,9032	0,7508	0,337
5	0,8805	0,7417	0,318
5	0,8969	0,7385	0,319
5	0,8988	0,7587	0,348
5	0,8818	0,7492	0,330
6	0,8741	0,7029	0,271
6	0,8708	0,7021	0,267
6	0,9220	0,7008	0,284
6	0,9116	0,7029	0,279
6	0,8843	0,7047	0,276
7	0,7528	0,7168	0,248
7	0,7452	0,7205	0,249
7	0,7418	0,7092	0,237
7	0,7502	0,7121	0,243
7	0,7557	0,7219	0,252

EK-3.DEVAMI. Tartarik Asit Yatışkm Hal Reolojik Datalar

8	0,3355	0,8612	0,193
8	0,3151	0,8925	0,204
8	0,3352	0,8763	0,204
8	0,3415	0,8588	0,196
8	0,3309	0,8753	0,201
9	0,3912	0,8501	0,217
9	0,3784	0,8992	0,254
9	0,4141	0,8490	0,229
9	0,4048	0,8730	0,247
9	0,4007	0,8682	0,239
10	0,5584	0,7409	0,201
10	0,5327	0,7562	0,202
10	0,5453	0,7646	0,214
10	0,5638	0,7439	0,205
10	0,5283	0,7456	0,193
11	0,6440	0,7432	0,235
11	0,6178	0,7451	0,228
11	0,6496	0,7549	0,247
11	0,6582	0,7476	0,245
11	0,6196	0,7501	0,230
12	0,6465	0,7043	0,199
12	0,6621	0,7027	0,203
12	0,5918	0,7436	0,212
12	0,6487	0,6933	0,192
12	0,6222	0,6922	0,183
13	0,9375	0,7359	0,333
13	0,9408	0,7288	0,329
13	0,9111	0,7237	0,310
13	0,9674	0,7328	0,341
13	0,9600	0,7350	0,340

EK-4. Örneklerde Yapılan Dinamik Titreşimli Kayma (Dynamic Shear) Reolojik Analiz Sonuçları

Sitrik Asit Dinamik Titreşimli Kayma Reolojik Datalar						
Model	frequency	G'	G''	G*	η^*	tanδ
1	1	4,332	5,043	6,649	1,058	1,164
1	1	4,623	6,695	8,136	1,295	1,448
1	1	4,355	4,952	6,594	1,049	1,137
1	1	4,594	6,102	7,638	1,216	1,328
1	1	4,444	5,120	6,779	1,079	1,152
2	1	0,796	2,768	2,880	0,458	3,479
2	1	0,538	2,300	2,362	0,376	4,277
2	1	0,544	1,914	1,990	0,317	3,518
2	1	0,475	2,096	2,149	0,342	4,412
2	1	0,538	1,964	2,036	0,324	3,647
3	1	3,015	6,555	7,216	1,148	2,174
3	1	3,019	6,516	7,182	1,143	2,159
3	1	3,055	6,497	7,180	1,143	2,127
3	1	3,131	6,492	7,207	1,147	2,073
3	1	3,016	6,466	7,134	1,135	2,144
4	1	3,565	6,046	7,019	1,117	1,696
4	1	3,807	6,999	7,967	1,268	1,838
4	1	3,619	6,811	7,713	1,228	1,882
4	1	4,238	7,237	8,386	1,335	1,707
4	1	3,897	6,572	7,640	1,216	1,687
5	1	2,805	4,918	5,662	0,901	1,753
5	1	2,490	4,835	5,439	0,866	1,942
5	1	2,509	4,899	5,504	0,876	1,953
5	1	2,580	4,952	5,584	0,889	1,920
5	1	2,605	5,035	5,669	0,902	1,933
6	1	2,440	4,258	4,907	0,781	1,745
6	1	2,908	4,533	5,386	0,857	1,559
6	1	3,081	5,124	5,979	0,952	1,663
6	1	2,947	4,135	5,078	0,808	1,403
6	1	2,990	4,946	5,780	0,920	1,654
7	1	1,720	3,375	3,788	0,603	1,963
7	1	1,207	3,698	3,890	0,619	3,063
7	1	1,245	3,193	3,427	0,545	2,565
7	1	1,761	3,462	3,885	0,618	1,966
7	1	1,211	3,859	4,044	0,644	3,188

EK-4 DEVAMI. Sitrik Asit Dinamik Titreşimli Kayma Reolojik Datalar

8	1	0,840	2,730	2,856	0,455	3,249
8	1	0,921	3,501	3,621	0,576	3,800
8	1	1,024	3,045	3,213	0,511	2,973
8	1	0,824	2,703	2,826	0,450	3,280
8	1	0,973	3,693	3,819	0,608	3,797
9	1	0,993	3,597	3,731	0,594	3,622
9	1	1,097	3,937	4,087	0,651	3,587
9	1	1,056	3,636	3,786	0,603	3,443
9	1	0,977	3,532	3,665	0,583	3,614
9	1	1,075	3,239	3,412	0,543	3,012
10	1	2,414	3,212	4,018	0,640	1,331
10	1	2,540	3,370	4,220	0,672	1,327
10	1	2,364	3,489	4,215	0,671	1,476
10	1	2,435	3,168	3,995	0,636	1,301
10	1	2,306	3,102	3,865	0,615	1,345
11	1	2,524	5,478	6,032	0,960	2,170
11	1	2,241	4,069	4,645	0,739	1,815
11	1	2,396	4,473	5,074	0,808	1,867
11	1	2,354	4,353	4,948	0,788	1,849
11	1	2,329	4,185	4,790	0,762	1,797
12	1	5,900	4,676	7,528	1,198	0,793
12	1	5,941	4,690	7,569	1,205	0,790
12	1	6,132	4,690	7,720	1,229	0,765
12	1	5,943	4,625	7,530	1,199	0,778
12	1	5,967	4,617	7,545	1,201	0,774
13	1	2,803	6,185	6,791	1,081	2,206
13	1	2,590	6,184	6,704	1,067	2,388
13	1	2,864	6,216	6,844	1,089	2,170
13	1	2,807	6,292	6,889	1,096	2,242
13	1	2,916	6,358	6,995	1,113	2,181

EK-4 DEVAMI- Tartarik Asit Dinamik Titreşimli Kayma Reolojik Datalar

Tartarik Asit Dinamik Titreşimli Kayma Reolojik Datalar						
Model	frequency	G'	G''	G*	η^*	tanδ
1	1	3,873	4,059	5,610	0,893	1,048
1	1	3,821	3,723	5,335	0,849	0,974
1	1	3,654	3,295	4,920	0,783	0,902
1	1	3,739	3,790	5,324	0,847	1,014
1	1	3,708	3,511	5,106	0,813	0,947
2	1	3,077	3,324	4,529	0,721	1,080
2	1	3,230	3,549	4,798	0,764	1,099
2	1	3,199	3,472	4,721	0,751	1,086
2	1	3,325	3,695	4,971	0,791	1,111
2	1	3,117	3,577	4,744	0,755	1,148
3	1	2,311	6,061	6,487	1,032	2,623
3	1	1,886	5,386	5,707	0,908	2,856
3	1	1,678	5,133	5,401	0,860	3,058
3	1	1,611	5,398	5,633	0,896	3,350
3	1	1,608	5,191	5,434	0,865	3,229
4	1	5,424	7,788	9,491	1,511	1,436
4	1	4,727	6,476	8,018	1,276	1,370
4	1	4,862	7,090	8,597	1,368	1,458
4	1	4,561	6,226	7,718	1,228	1,365
4	1	5,337	8,611	10,13	1,612	1,614
5	1	2,534	5,367	5,935	0,945	2,118
5	1	2,506	5,219	5,790	0,921	2,083
5	1	2,559	5,047	5,659	0,901	1,973
5	1	2,832	5,076	5,813	0,925	1,792
5	1	2,471	4,800	5,399	0,859	1,943
6	1	4,546	5,109	6,838	1,088	1,124
6	1	4,524	5,227	6,913	1,100	1,155
6	1	4,441	5,075	6,743	1,073	1,143
6	1	4,415	4,969	6,647	1,058	1,125
6	1	4,508	5,080	6,792	1,081	1,127
7	1	3,363	3,393	4,778	0,760	1,009
7	1	3,263	3,524	4,803	0,764	1,080
7	1	3,234	3,285	4,610	0,734	1,016
7	1	3,347	3,410	4,778	0,760	1,019
7	1	3,734	4,129	5,567	0,886	1,106

EK-4.DEVAMI. Tartarik Asit Dinamik Titresimli Kayma Reolojik Datalar

8	1	1,020	2,634	2,825	0,450	2,582
8	1	1,003	2,456	2,653	0,422	2,449
8	1	0,977	2,437	2,626	0,418	2,495
8	1	0,965	2,538	2,715	0,432	2,630
8	1	0,869	2,450	2,599	0,414	2,820
9	1	0,925	3,424	3,547	0,564	3,701
9	1	0,871	3,152	3,270	0,520	3,619
9	1	0,754	3,777	3,851	0,613	5,007
9	1	0,948	3,299	3,433	0,546	3,482
9	1	0,984	4,232	4,345	0,691	4,303
10	1	2,513	3,301	4,149	0,660	1,313
10	1	2,512	3,313	4,158	0,662	1,319
10	1	2,667	3,573	4,459	0,710	1,340
10	1	2,495	3,225	4,078	0,649	1,293
10	1	2,606	3,503	4,366	0,695	1,344
11	1	2,614	4,374	5,095	0,811	1,673
11	1	2,619	4,265	5,005	0,797	1,629
11	1	2,477	4,180	4,859	0,773	1,687
11	1	2,454	4,484	5,112	0,814	1,827
11	1	2,524	4,395	5,069	0,807	1,741
12	1	3,549	3,390	4,908	0,781	0,955
12	1	3,623	3,364	4,944	0,787	0,928
12	1	3,652	3,382	4,977	0,792	0,926
12	1	3,549	3,268	4,825	0,768	0,921
12	1	3,602	3,426	4,971	0,791	0,951
13	1	1,919	5,954	6,256	0,996	3,102
13	1	1,919	5,629	5,947	0,947	2,933
13	1	2,181	5,318	5,747	0,915	2,439
13	1	1,962	5,566	5,901	0,939	2,837
13	1	2,235	5,881	6,291	1,001	2,632

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı: Aylin ÖZGÜR

Uyruğu: Türkiye (TC)

Doğum Tarihi ve Yeri: 21.04.1985, Kayseri

Medeni Durumu: Bekâr

Tel: 0546 876 33 15

e-mail: ozguraylin@hotmail.com

Yazışma Adresi: Zümrüt Mah. Mustafa Kemal Paşa Bulv. Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü Lojmanları A Blok No:5 Kocasinan/KAYSERİ

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Mersin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği	2009
Lise	Sümer Lisesi	2003

YABANCI DİL

İngilizce