

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SALEP İÇECEĞİNİN REOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN
BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Gıda Müh. Dilek ARDUZLAR**

Anabilim Dalı : GIDA MÜHENDİSLİĞİ

Programı : GIDA MÜHENDİSLİĞİ

HAZİRAN 2003

**SALEP İÇECEĞİNİN REOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN
BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Gıda Müh. Dilek ARDUZLAR
506001401**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 05 Mayıs 2003
Tezin Savunulduğu Tarih : 26 Mayıs 2003**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. M. Hikmet BOYACIOĞLU (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Seniha GÜNER (İTÜ)
Yrd. Doç. Dr. Gürbüz GÜNEŞ (İTÜ)**

Haziran 2003

ÖNSÖZ

Besleyici, lezzetli ve geleneksel bir ürünümüz olan salep içeceği standardı olmayan ekipman ve/veya prosesler kullanılarak üretilmekte veya hazırlanmaktadır. Modern ekipman ve proses tasarımları ve ürün formülasyonları geliştirmek için güvenilir reolojik verilere ihtiyaç bulunmaktadır. Buna karşın, salep içeceğinin reolojik özellikleri ve nişasta çeşidinin ürün reolojisine etkileri bugüne kadar fazla araştırılmamıştır.

Bu çalışmada salep içeceğinin reolojik davranışına kayma hızının, sıcaklığın, doğal ve modifiye nişastaların etkisi araştırılmış ve salep içeceğinin reolojik davranışı modellenmiştir.

Çalışmam sırasında yardımcı olan danışman hocam Sayın Prof. Dr. M. Hikmet BOYACIOĞLU'na; deneylerimi gerçekleştirmem için nişasta temini sağlayan ve fikir ve bilgi birikimleriyle tez çalışmamı yönlendiren Cargill Tarım San. ve Tic. A.Ş. Teknik Destek Müdürü Sayın Rukiye ÜN' e ve Sayın Mehtap TUNCA'ya, Cerastar-Pendik Nişasta San. ve Tic. A.Ş. Teknik Satış Uzmanı Sayın Aynur AKGÜL'e, Amylum Nişasta San. ve Tic. A.Ş. çalışanlarından Tolga İÇELİ ve Çiğdem ARABACI'ya; verdikleri bilgilerden dolayı SEK Ar-Ge ve Kalite Kontrol Departmanı çalışanlarına, Yaşar Holding A.Ş. (Pınar Süt ve Süt Ürünleri Grubu) çalışanlarına; desteklerinden dolayı başta sevgili arkadaşlarım Oğuz KAĞAN'a ve Aynur ÇELİK'e çok teşekkür ederim. Yardımları için Filiz LOKUMCU, Esra ÇAPANOĞLU ve diğer tüm İTÜ Gıda Mühendisliği Bölümü Araştırma Görevlisi arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Beni her konuda, her zaman, maddi ve manevi, tam anlamıyla destekleyen, her zaman arkamda olan babam Şeref ARDUZLAR'a, annem Mine ARDUZLAR'a ve ağabeyim İbrahim ARDUZLAR'a ayrıca teşekkür ederim.

Haziran 2003

Dilek ARDUZLAR

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÖZET	xi
SUMMARY	xiii
1. GİRİŞ	1
2. SALEP TOZU VE SALEP İÇECEĞİ İLE İLGİLİ LİTERATÜR BİLGİLERİ	3
2.1. Salep Tozu Üretiminde Kullanılan Orkideler, Salep Tozu ve Özellikleri	3
2.1.1. Salep tozu üretiminde kullanılan orkideler	3
2.1.2. Salep tozunun özellikleri, üretimi ve bileşenleri	4
2.2. Geleneksel Salep İçeceği ve Özellikleri	5
2.2.1. Salep içeceğinin tanımı ve hazırlanışı	5
2.2.2. Salep içeceğinin tarihteki yeri	6
2.2.3. Salep tozu kullanılarak yapılmış çalışmalara örnekler	6
3. GIDA SANAYİNDE KULLANILAN NIŞASTALAR	8
3.1. Gıda Sanayinde Nişastaların Fonksiyonları ve Önemi	8
3.2. Nişasta Molekülü ve Özellikleri	9
3.3. Nişastanın Jelatinizasyonu	12
3.4. Nişastanın Retrogradasyonu	13
3.5. Modifiye Nişastalar	15
3.5.1. Ön jelatinleştirilmiş nişastalar	15
3.5.2. Asitle modifiye edilmiş nişastalar	16
3.5.3. Okside olmuş nişastalar	16
3.5.4. Çapraz bağlanmış nişastalar	16
3.5.5. Esterifiye ve eterifiye edilmiş nişastalar	17
4. REOLOJİK DAVRANIŞLAR	18
4.1. Reolojik Davranış Çeşitleri	19
4.1.1. Newtonyen davranış	20
4.1.2. Newtonyen –dışı davranışlar	21
4.1.2.1. Zamandan bağımsız Newtonyen –dışı davranışlar	22
4.1.2.2. Zamana bağlı Newtonyen –dışı davranışlar	24
4.2. Reolojik Davranışları Etkileyen Faktörler	26

5. MATERYAL VE METOT	28
5.1. Materyal	28
5.1.1. A ve B marka UHT sıvı salep içeceği	29
5.1.2. C-L marka toz salep içeceği	30
5.1.2.1. C, D ve E marka pişirilerek hazırlanan toz salep içeceği	30
5.1.2.2. F, G, H, I, J, K ve L marka “instant” toz salep içeceği	31
5.1.3. Doğal nişasta ile hazırlanan “instant” toz salep içeceği	33
5.1.4. Modifiye nişasta ile hazırlanan “instant” toz salep içeceği	33
5.1.5. Bazlar	34
5.2. Metot	
5.2.1. Salep içeceğinin reolojik özelliklerinin belirlenmesi	35
5.2.2. Salep içeceğinin duysal özelliklerinin belirlenmesi	38
6. BULGULAR VE TARTIŞMA	39
6.1. UHT Sıvı Salep İçeceğinin Reolojik Davranışı ve Duysal Analiz Sonuçları	39
6.2. Toz Salep İçeceğinin Reolojik Davranışı ve Duysal Analiz Sonuçları	44
6.2.1. Pişirilerek hazırlanan toz salep içeceğinin reolojik davranışı ve duysal özellikleri	44
6.2.2. “Instant” toz salep içeceğinin reolojik davranışı ve duysal özellikleri	49
6.3. Doğal Nişastaların Salep İçeceğinin Reolojik Özelliklerine Etkisi	55
6.3.1. Buğday nişastasının etkisi	55
6.3.2. Mısır nişastasının etkisi	60
6.3.3. Patates nişastasının etkisi	67
6.4. Modifiye Nişastaların Salep İçeceğinin Reolojik Özelliklerine Etkisi	71
6.4.1. A modifiye nişastasının etkisi	71
6.4.2. B modifiye nişastasının etkisi	76
6.4.3. C modifiye nişastasının etkisi	81
6.4.4. D modifiye nişastasının etkisi	85
6.5. Baz Olarak Kullanılan Karışımların Reolojik Özellikleri	91
6.5.1. X bazının reolojik davranışı	91
6.5.2. Y bazının reolojik davranışı	93
6.5.3. Z bazının reolojik davranışı	96
6.6. Salep İçeceğinin Reolojik Karakterizasyonu	99
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	101
KAYNAKLAR	103
EKLER	109
ÖZGEÇMİŞ	117

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 3.1. İki nişasta polisakkaritinin genel özellikleri.....	11
Tablo 3.2. Nişasta çeşitlerinin amiloz ve amilopektin içerikleri.....	12
Tablo 3.3. Bazı nişasta tanecikleri ve jellerinin genel özellikleri.....	13
Tablo 4.1. Zamandan bağımsız Newtonyen-dışı davranış tipleri ve bunların model parametrelerinin alacağı değerler.....	24
Tablo 5.1. UHT tam yağlı inek sütü ambalajı üzerinde verilen etiket bilgileri.....	28
Tablo 5.2. A ve B marka UHT sıvı salep içeceklerinin içerikleri.....	29
Tablo 5.3. Üretici firma tarafından A ve B marka UHT sıvı salep içeceği ambalajı üzerinde verilen etiket bilgileri.....	29
Tablo 5.4. C, D ve E marka pişirilerek hazırlanan salep içeceklerinin içerikleri.....	30
Tablo 5.5. Üretici firma tarafından C ve D marka pişirilerek hazırlanan salep içeceklerinin ambalajı üzerinde verilen etiket bilgileri.....	30
Tablo 5.6. F, G, H, I, J, K ve L marka “instant” toz salep içeceklerinin içerikleri.....	31
Tablo 5.7. Üretici firma tarafından F, G, H, I, J, K ve L marka “instant” toz salep içeceklerinin ambalajı üzerinde verilen etiket bilgileri.....	32
Tablo 5.8. Reolojik ölçümlerde kullanılan sensörlerin boyutları.....	36
Tablo 5.9. Sensörlerin ölçüm aralıkları.....	36
Tablo 6.1. Piyasada mevcut salep içeceklerinin kıvam indeksleri için E_a ve K_{∞} değerleri.....	99
Tablo 6.2. Doğal ve modifiye nişastalarla hazırlanmış salep içeceklerinin kıvam indeksleri için E_a ve K_{∞} değerleri.....	99
Tablo 6.3. Piyasada mevcut salep içeceklerinin akış davranış indekslerinin sıcaklığa bağımlı denklemleri	100
Tablo 6.4. Doğal ve modifiye nişastalarla hazırlanmış salep içeceklerinin akış davranış indekslerinin sıcaklığa bağımlı denklemleri	100
Tablo A.1. “Instant” salep içeceklerinin duyuusal analizinde kullanılan duyuusal panel formu.....	109
Tablo A.2. UHT ve pişirilerek hazırlanan salep içeceklerinin duyuusal analizinde kullanılan duyuusal panel formu.....	110
Tablo A.3. UHT sıvı salep içeceklerinin duyuusal analiz sonuçlarının değerlendirmesi.....	111
Tablo A.4. Pişirilerek hazırlanan salep içeceklerinin duyuusal analiz sonuçlarının değerlendirmesi.....	112

Tablo A.5. “Instant” salep içeceklerinin duyusal analiz sonuçlarının değerlendirilmesi (kıvam tercihi).....	113
Tablo A.6. “Instant” salep içeceklerinin duyusal analiz sonuçlarının değerlendirilmesi (lezzet tercihi).....	114
Tablo A.7. “Instant” salep içeceklerinin duyusal analiz sonuçlarının değerlendirilmesi (tüm izlenim).....	115
Tablo A.8. %5 önem düzeyinde gerekli sıralama toplamaları.....	116

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1. Ophrys cinsi orkide çiçeği ve yumruları.....	4
Şekil 3.1. Amiloz ve amilopektin molekülleri.....	9
Şekil 3.2. Buğday nişastasının tanecik yapısı.....	10
Şekil 3.3. Pirinç nişastasının tanecik yapısı.....	10
Şekil 3.4. Mısır nişastasının tanecik yapısı.....	10
Şekil 3.5. Patates nişastasının tanecik yapısı.....	11
Şekil 3.6. Jelatinize edilen nişastanın tanecik yapısındaki değişim.....	12
Şekil 4.1. Viskoz sıvı davranış çeşitlerinin sınıflandırılması.....	19
Şekil 4.2. Newtonyen ve Newtonyen-dışı davranışlar için akış eğrisi.....	20
Şekil 4.3. Newtonyen ve Newtonyen-dışı davranışlar için viskozite eğrisi.....	20
Şekil 4.4. Tikotropik davranış için akış ve viskozite eğrileri.....	25
Şekil 4.5. Reopektik davranış için akış ve viskozite eğrileri.....	26
Şekil 5.1. Silindirik sensörün şekli ve sıcaklığın sabit kalmasını sağlayan ceket sistemi.....	35
Şekil 5.2. Artan-azalan kayma hızı programının şematik gösterimi.....	37
Şekil 6.1. A marka salep içeceğinin 20°C'deki viskozite eğrisi.....	39
Şekil 6.2. A marka salep içeceğinin 30°C'deki viskozite eğrisi.....	40
Şekil 6.3. A marka salep içeceğinin 40°C'deki viskozite eğrisi.....	40
Şekil 6.4. A marka salep içeceğinin 50°C'deki viskozite eğrisi.....	41
Şekil 6.5. A marka salep içeceğinin 55°C'deki viskozite eğrisi.....	41
Şekil 6.6. A marka salep içeceğinin kıvam indeksinin sıcaklık ile değişimi.....	42
Şekil 6.7. A marka salep içeceğinin akış davranış indeksinin sıcaklık ile değişimi.....	42
Şekil 6.8. A marka salep içeceğinin kıvam indeksi için Arrhenius grafiği.....	43
Şekil 6.9. C marka salep içeceğinin 20°C'deki viskozite eğrisi.....	44
Şekil 6.10. C marka salep içeceğinin 30°C'deki viskozite eğrisi.....	45
Şekil 6.11. C marka salep içeceğinin 40°C'deki viskozite eğrisi.....	45
Şekil 6.12. C marka salep içeceğinin 50°C'deki viskozite eğrisi.....	46
Şekil 6.13. C marka salep içeceğinin 55°C'deki viskozite eğrisi.....	46
Şekil 6.14. C marka salep içeceğinin kıvam indeksinin sıcaklık ile değişimi.....	47
Şekil 6.15. C marka salep içeceğinin akış davranış indeksinin sıcaklık ile değişimi.....	48
Şekil 6.16. C marka salep içeceğinin kıvam indeksi için Arrhenius grafiği.....	48
Şekil 6.17. F marka salep içeceğinin 20°C'deki viskozite eğrisi.....	50

Şekil 6.18. F marka salep içeceğinin 30°C'deki viskozite eğrisi.....	50
Şekil 6.19. F marka salep içeceğinin 40°C'deki viskozite eğrisi.....	51
Şekil 6.20. F marka salep içeceğinin 50°C'deki viskozite eğrisi.....	51
Şekil 6.21. F marka salep içeceğinin 55°C'deki viskozite eğrisi.....	52
Şekil 6.22. F marka salep içeceğinin kıvam indeksinin sıcaklık ile değişimi.....	53
Şekil 6.23. F marka salep içeceğinin akış davranış indeksinin sıcaklık ile değişimi.....	53
Şekil 6.24. F marka salep içeceğinin kıvam indeksi için Arrhenius grafiği.....	54
Şekil 6.25. Buğday nişastası içeren salep içeceğinin 20°C'deki viskozite eğrisi.....	55
Şekil 6.26. Buğday nişastası içeren salep içeceğinin 30°C'deki viskozite eğrisi.....	56
Şekil 6.27. Buğday nişastası içeren salep içeceğinin 40°C'deki viskozite eğrisi.....	56
Şekil 6.28. Buğday nişastası içeren salep içeceğinin 50°C'deki viskozite eğrisi.....	57
Şekil 6.29. Buğday nişastası içeren salep içeceğinin 55°C'deki viskozite eğrisi.....	57
Şekil 6.30. Buğday nişastası içeren salep içeceğinin kıvam indeksinin sıcaklık ile değişimi.....	58
Şekil 6.31. Buğday nişastası içeren salep içeceğinin akış davranış indeksinin sıcaklık ile değişimi.....	58
Şekil 6.32. Buğday nişastası içeren salep içeceğinin kıvam indeksi için Arrhenius grafiği.....	58
Şekil 6.33. Mısır nişastası içeren salep içeceğinin 20°C'deki viskozite eğrisi.....	61
Şekil 6.34. Mısır nişastası içeren salep içeceğinin 30°C'deki viskozite eğrisi.....	61
Şekil 6.35. Mısır nişastası içeren salep içeceğinin 40°C'deki viskozite eğrisi.....	62
Şekil 6.36. Mısır nişastası içeren salep içeceğinin 50°C'deki viskozite eğrisi.....	62
Şekil 6.37. Mısır nişastası içeren salep içeceğinin 55°C'deki viskozite eğrisi.....	63
Şekil 6.38. Mısır nişastası içeren salep içeceğinin kıvam indeksinin sıcaklık ile değişimi.....	64
Şekil 6.39. Mısır nişastası içeren salep içeceğinin akış davranış indeksinin sıcaklık ile değişimi.....	64
Şekil 6.40. Mısır nişastası içeren salep içeceğinin kıvam indeksi için Arrhenius grafiği.....	64
Şekil 6.41. Patates nişastası içeren salep içeceğinin 20°C'deki viskozite eğrisi.....	67
Şekil 6.42. Patates nişastası içeren salep içeceğinin 30°C'deki viskozite eğrisi.....	67
Şekil 6.43. Patates nişastası içeren salep içeceğinin 40°C'deki viskozite eğrisi.....	68

Şekil 6.44. Patates nişastası içeren salep içeceğinin 50°C'deki viskozite eğrisi.....	68
Şekil 6.45. Patates nişastası içeren salep içeceğinin 55°C'deki viskozite eğrisi.....	69
Şekil 6.46. Patates nişastası içeren salep içeceğinin kıvam indeksinin sıcaklık ile değişimi.....	69
Şekil 6.47. Patates nişastası içeren salep içeceğinin akış davranış indeksinin sıcaklık ile değişimi.....	70
Şekil 6.48. Patates nişastası içeren salep içeceğinin kıvam indeksi için Arrhenius grafiği.....	70
Şekil 6.49. A modifiye nişastası içeren salep içeceğinin 20°C'deki viskozite eğrisi.....	72
Şekil 6.50. A modifiye nişastası içeren salep içeceğinin 30°C'deki viskozite eğrisi.....	72
Şekil 6.51. A modifiye nişastası içeren salep içeceğinin 40°C'deki viskozite eğrisi.....	73
Şekil 6.52. A modifiye nişastası içeren salep içeceğinin 50°C'deki viskozite eğrisi.....	73
Şekil 6.53. A modifiye nişastası içeren salep içeceğinin 55°C'deki viskozite eğrisi.....	74
Şekil 6.54. A modifiye nişastası içeren salep içeceğinin kıvam indeksinin sıcaklık ile değişimi.....	74
Şekil 6.55. A modifiye nişastası içeren salep içeceğinin akış davranış indeksinin sıcaklık ile değişimi.....	74
Şekil 6.56. A modifiye nişastası içeren salep içeceğinin kıvam indeksi için Arrhenius grafiği.....	75
Şekil 6.57. B modifiye nişastası içeren salep içeceğinin 20°C'deki viskozite eğrisi.....	77
Şekil 6.58. B modifiye nişastası içeren salep içeceğinin 30°C'deki viskozite eğrisi.....	77
Şekil 6.59. B modifiye nişastası içeren salep içeceğinin 40°C'deki viskozite eğrisi.....	78
Şekil 6.60. B modifiye nişastası içeren salep içeceğinin 50°C'deki viskozite eğrisi.....	78
Şekil 6.61. B modifiye nişastası içeren salep içeceğinin 55°C'deki viskozite eğrisi.....	79
Şekil 6.62. B modifiye nişastası içeren salep içeceğinin kıvam indeksinin sıcaklık ile değişimi.....	79
Şekil 6.63. B modifiye nişastası içeren salep içeceğinin akış davranış indeksinin sıcaklık ile değişimi.....	80
Şekil 6.64. B modifiye nişastası içeren salep içeceğinin kıvam indeksi için Arrhenius grafiği.....	80
Şekil 6.65. C modifiye nişastası içeren salep içeceğinin 20°C'deki viskozite eğrisi.....	82
Şekil 6.66. C modifiye nişastası içeren salep içeceğinin 30°C'deki viskozite eğrisi.....	82
Şekil 6.67. C modifiye nişastası içeren salep içeceğinin 40°C'deki viskozite eğrisi.....	83

Şekil 6.68. C modifiye nişastası içeren salep içeceğinin 50°C'deki viskozite eğrisi.....	83
Şekil 6.69. C modifiye nişastası içeren salep içeceğinin 55°C'deki viskozite eğrisi.....	84
Şekil 6.70. C modifiye nişastası içeren salep içeceğinin kıvam indeksinin sıcaklık ile değişimi.....	85
Şekil 6.71. C modifiye nişastası içeren salep içeceğinin akış davranış indeksinin sıcaklık ile değişimi.....	85
Şekil 6.72. C modifiye nişastası içeren salep içeceğinin kıvam indeksi için Arrhenius grafiği.....	85
Şekil 6.73. D modifiye nişastası içeren salep içeceğinin 20°C'deki viskozite eğrisi.....	86
Şekil 6.74. D modifiye nişastası içeren salep içeceğinin 30°C'deki viskozite eğrisi.....	86
Şekil 6.75. D modifiye nişastası içeren salep içeceğinin 40°C'deki viskozite eğrisi.....	87
Şekil 6.76. D modifiye nişastası içeren salep içeceğinin 50°C'deki viskozite eğrisi.....	87
Şekil 6.77. D modifiye nişastası içeren salep içeceğinin 55°C'deki viskozite eğrisi.....	88
Şekil 6.78. D modifiye nişastası içeren salep içeceğinin kıvam indeksinin sıcaklık ile değişimi.....	89
Şekil 6.79. D modifiye nişastası içeren salep içeceğinin akış davranış indeksinin sıcaklık ile değişimi.....	89
Şekil 6.80. D modifiye nişastası içeren salep içeceğinin kıvam indeksi için Arrhenius grafiği.....	89
Şekil 6.81. X bazının 20°C'deki viskozite eğrisi.....	91
Şekil 6.82. X bazının 30°C'deki viskozite eğrisi.....	92
Şekil 6.83. X bazının 40°C'deki viskozite eğrisi.....	92
Şekil 6.84. X bazının 50°C'deki viskozite eğrisi.....	93
Şekil 6.85. X bazının 55°C'deki viskozite eğrisi.....	93
Şekil 6.86. Y bazının 20°C'deki viskozite eğrisi.....	94
Şekil 6.87. Y bazının 30°C'deki viskozite eğrisi.....	94
Şekil 6.88. Y bazının 40°C'deki viskozite eğrisi.....	95
Şekil 6.89. Y bazının 50°C'deki viskozite eğrisi.....	95
Şekil 6.90. Y bazının 55°C'deki viskozite eğrisi.....	96
Şekil 6.91. Z bazının 20°C'deki viskozite eğrisi.....	96
Şekil 6.92. Z bazının 30°C'deki viskozite eğrisi.....	97
Şekil 6.93. Z bazının 40°C'deki viskozite eğrisi.....	97
Şekil 6.94. Z bazının 50°C'deki viskozite eğrisi.....	98
Şekil 6.95. Z bazının 55°C'deki viskozite eğrisi.....	98

SALEP İÇECEĞİNİN REOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

ÖZET

Bu çalışmada, piyasada mevcut farklı tekniklerle üretilen/hazırlanan salep içeceklerinin (UHT sıvı formda, pişirilerek veya “instant” olarak hazırlanan toz formda) reolojik özelliklerine sıcaklığın ve kayma hızının etkisi araştırılmıştır. Ayrıca piyasada daha yaygın olarak tüketilen “instant” olarak hazırlanan salep içeceğinin reolojik özelliklerine sıcaklık, kayma hızı ve nişasta çeşidi (doğal ve modifiye) gibi teknolojik faktörlerin etkileri araştırılmıştır. Sıcaklık ve kayma hızının etkileri tek bir model ile ifade edilmiştir.

Çalışmanın diğer bir amacı da, salep içeceğinde salep tozunun bir kısmı yerine piyasada benzer ürünlerde yaygın olarak kullanılan nişastaların kullanılabilirliğini incelemektir. Çünkü salep tozu soyu tehlikede olan ve bu sebeple pahalı olan orkide çiçeklerinin tohumlarından elde edilmektedir. Nişastanın salep tozu yerine kısmen kullanımı ekonomik yarar da sağlayacaktır.

Salep içeceği örneklerinde viskozite ölçümleri 20 - 55°C sıcaklık ve 0.13-300 s⁻¹ kayma hızı aralıklarında Haake RT20 reometresi ve Z20 iç-içe silindirik sensörü kullanılarak yapılmıştır. Verilerin analizi sonucunda salep içeceğinin genel olarak psödoplastik, yani kayma hızıyla viskozitesi düşen, davranış sergilediği belirlenmiştir. Kayma hızının etkisi üslü-yasa ile, sıcaklığın etkisi ise Arrhenius eşitliği ile temsil edilerek bu iki faktörün etkilerini içeren tek bir model oluşturulmuştur.

Yapılan duyuusal analiz sonucu tüketicilerce ideal olarak belirlenen “instant” salep içeceğinin viskozitesi için model denklem aşağıda verilmiştir.

$$\eta = (1.03 \times 10^{-3}) \times e^{\frac{203570}{T(K)}} \times \gamma^{[-0.4569+0.0028T(^{\circ}C)-0.00002T^2(^{\circ}C)]}$$

Bu salep içeceğine viskozite açısından yakın sonuçlar veren ve duyuusal olarak diğerlerine tercih edilen modifiye nişasta (prejelatinize, çapraz bağlanmış ve stabilize “waxy” mısır) çeşidiyle hazırlanan salep içeceğinin viskozitesi için model denklem aşağıda verilmiştir.

$$\eta = (7.96 \times 10^{-6}) \times e^{\frac{349930}{T(K)}} \times \gamma^{[-0.5279+0.0044T(^{\circ}C)]}$$

Sözkonusu model denklemler ürünün reolojik özelliklerini iyi şekilde temsil etmektedir.

Bu araştırma kapsamında salep içeceği hakkında üretilen reolojik bilgi ve veriler, hem ürün formülasyon standardının oluşturulmasına, hem ekipman ve proses tasarımlarının daha güvenli yapılmasına, hem de geleneksel bir ürünümüz olan salep içeceğinin daha iyi tanınmasına yardımcı olabilecektir.

DETERMINATION OF RHEOLOGICAL PROPERTIES OF SALEP DRINK

SUMMARY

The objectives of this study are to determine the rheological properties of commercial salep drink (in UHT liquid form, in powder form prepared by cooking and instant) and effects of parameters such as shear rate and temperature on the rheology of the product. A further research is performed with different types of starch (native and modified) on the rheology of the instant salep drink as it is the most widely consumed kind of product. A single rheological model was developed to express combined effects of shear rate and temperature on the viscosity.

Another purpose of the research is to partially replace the amount of salep used with the starches that are commonly used in similar products in the market. Because salep powder is produced from orchids roots which are protected species and hence it is very expensive. Therefore using starches will give economical benefits.

Shear viscosity measurements of salep drink is made using a Haake RT20 rheometer which is equipped with a circulating water bath and a Z20 concentric cylinder sensor system. The ranges of temperature and shear rate studied are 20-55°C and 0.13-300 s⁻¹, respectively. Salep drink generally exhibited a pseudoplastic or shear thinning behaviour.

Temperature and shear rate dependency of the viscosity of the instant salep drink that was preferred by consumers in the sensory analysis was successfully described by the following equation:

$$\eta = (1.03 \times 10^{-3}) \times e^{\frac{203570}{T(K)}} \times \gamma^{\left[-0.4569 + 0.0028T(^{\circ}C) - 0.00002T^2(^{\circ}C) \right]}$$

Instant salep drink prepared with modified starch (pregelatinized, crosslinked and stabilized waxy maize) was preferred to the others to carry out further research because it gave similar results with the one chosen as the best by the consumers. Temperature and shear rate dependency of the viscosity of this instant salep drink was successfully described by the following equation:

$$\eta = (7.96 \times 10^{-6}) \times e^{\frac{349930}{T(K)}} \times \gamma^{\left[-0.5279 + 0.0044T(^{\circ}C) \right]}$$

The findings from this study on the rheology of salep drink may provide useful information which can be used in standardization of the formulation, to facilitate better designing better equipment and processes.

1. GİRİŞ

Şifalı yabani orkide köklerinden elde edilen aromatik salep tozu, süt/su, şeker, nişasta vb. kıvam vericilerle hazırlanan sıcak bir kış içeceği olan salep içeceği tarçınla veya zencefille birlikte özellikle Türkiye’de yaygın olarak tüketilmektedir. Günümüzde piyasada hem pişirilerek hazırlanan, hem “instant” olarak hazırlanabilen toz salep içecekleri, hem de sıvı halde “UHT” teknolojisiyle hazırlanmış salep içecekleri mevcuttur. Salep, pahalı ve az bulunur bir baharat olduğundan, tadı ve kıvamı iyi ayarlanmış salep içeceği bulabilmek o kadar kolay değildir. Bu konuda kıvam verici salep ve kullanılan nişasta bileşenleri önem kazanmaktadır (Anonymous, 2002d; Kreutz, 2002; Tekfidan, 2001).

Geleneksel salep içeceğimizin standardı olmamakla birlikte özellikle günümüzde yeni proses teknikleriyle üretilmeye başlanmıştır. Salep içeceği üretimini modernleştirmek ve standart ürünler alabilmek için gerekli ekipman tasarımları ve ürün formülasyonu geliştirmeleri ancak güvenli reolojik verilerle yapılabilir. Salep içeceği ile ilgili bugüne kadar çok fazla bilimsel araştırma ve çalışma yapılmamıştır. Ancak salep tozu kullanılarak hazırlanan Türk tipi dondurmada sınırlı sayıda yapılmış çalışma mevcuttur. Bir çalışmada, Türk tipi dondurmada sıcaklığın, kayma hızının ve salep konsantrasyonunun dondurmanın reolojik karakteri üzerine etkisi Brookfield RVT viskometresi ile incelenmiştir. Ayrıca, diğer bir çalışmada, sıcaklığın, salep tozu ve keçiyoynuzu gamı konsantrasyonunun, dondurma karışımının akış davranışına etkisi Haake RheoStress koni ve plaka sensör sistemiyle incelenmiştir (Kaya ve Tekin, 2001; Kaya, 2001).

Bu çalışmada, piyasada mevcut farklı tekniklerle üretilen/hazırlanan salep içeceklerinin (UHT sıvı formda, pişirilerek veya “instant” olarak hazırlanan toz formda) reolojik özelliklerine sıcaklığın ve kayma hızının etkisi araştırılmıştır.

Ayrıca piyasada daha yaygın olarak tüketilen “instant” olarak hazırlanan salep ieeğinin reolojik özelliklerine sıcaklık, kayma hızı ve nişasta çeşidi (doğal ve modifiye) gibi teknolojik faktörlerin etkileri araştırılmıştır. Sıcaklık (20-55°C) ve kayma hızının ($0.13\text{-}300\text{ s}^{-1}$) etkileri tek bir model ile ifade edilmiştir.

2. SALEP TOZU VE SALEP İÇECEĞİ İLE İLGİLİ LİTERATÜR BİLGİLERİ

2.1. Salep Tozu Üretiminde Kullanılan Orkideler, Salep Tozu ve Özellikleri

2.1.1. Salep tozu üretiminde kullanılan orkideler

Türkiye bitkiler açısından dünyadaki en zengin ve önemli ülkeler arasında yer almakta ve bu zenginliğin içinde, orkidelerin çok özel bir yeri bulunmaktadır. Türkiye doğasında 154 tür yabani orkide yetişmektedir (Kreutz, 2002).

Anadolu'da daha çok "Orchis" ve "Ophrys" türlerine rastlanmaktadır. Çoğunlukla Batı, Güneybatı, Güney ve Kuzey Anadolu başta olmakla beraber Anadolu'nun pek çok yerinde, özellikle il olarak Kahramanmaraş, Adıyaman, Bitlis, Muğla, Isparta, Antalya ve başta Kastamonu ili ile Safranbolu ilçesinde olmak üzere Karadeniz yöresinde yetişmektedir (Tekfidan, 2001). Türkiye dışında ise en büyük üretici ülkeler Yunanistan ve Fransa'dır (Anonymous, 2002a; Güngör, 2002).

Salep elde etmek için özellikle "Orchis" ve "Ophrys" yumruları kullanılmaktadır. *Orchis fragrans* ve *Orchis sancta* tahminen başta tercih edilen türlerdir; bunların dışında en fazla *Anacamptis pyramidalis*, *Serapias bergonii*, *Serapias orientalis* ve *Spiranthes spiralis*'in yumruları toplanmaktadır. *Orchis fragrans*'ın Türkiye'nin çoğu bölgesinde tercih edilen tür olması dikkat çekicidir. Muğla Bodrum'da en çok *Serapias orientalis* ve *Serapias bergonii* türleri toplanmaktadır. Antalya Olimpos çevresinde ise büyük sayılarda *Orchis sancta*'nın toplandığı görülmektedir (Kreutz, 2002).

Türkiye'nin orkideleri bugün büyük tehlike altındadır; hatta birçok tür soyu tükenme tehlikesi ile karşı karşıyadır. Bunun temel nedeni hızla büyüyen nüfusla birlikte gelen yapılaşma ve doğal alanların tahribidir. Bunun dışında Türkiye'deki bir çok alanda görülen aşırı otlatma ve orkide yumrularının toplanması en büyük tehditlerdendir. Bu eşsiz hazineyi fark etmek, sahip çıkmak ve korumak Türkiye'yi seven bütün insanların en temel sorumluluklarından biridir (Kreutz, 2002; Anonymous, 2002b).

Şekil 2.1.'de salep üretiminde kullanılan *Ophrys* cinsi orkide çiçeği ve yumruları görülmektedir.



Şekil 2.1. *Ophrys* cinsi orkide çiçeği ve yumruları (Kreutz, 2002)

2.1.2. Salep tozunun özellikleri, üretimi ve bileşenleri

Salep antik zamanlardan beri besin, keyif verici madde ve ilaç olarak kullanılmakta ve orkidelerin yumru şeklindeki köklerinden üretilmektedir. Bu yumrulardan yapılan ilaç “mucilago salep” (salep mukusu) olarak tanımlanmakta ve ilacın her kullanımında taze olarak hazırlanması gerekmektedir. Aynı madde, özellikle diğer ilaçların kıvam arttırıcı dolgu malzemesi olarak da kullanılmıştır. Orkide yumrularının keyif ve genel güç verici olarak kullanımı bugün neredeyse ortadan kalkmıştır. Tıbbi kullanımda da salep mukusu yerini sentetik ürünlere bırakmıştır (Kreutz, 2002).

Bitki çiçekteyken, toprak altındaki yumruları toplanmaktadır. Yalnız genç yumru alınmakta, ana yumruya dokunulmamaktadır. Krem renkteki yumrular, yumurta şeklinde ya da çataksıdır. Toplanan yumrular suyla temizlenmekte, acılığının gitmesi ve daha kolay kuruması için kısa bir süre kaynayan süte ya da suya atılarak terbiye edilmektedir. Çabuk kurumaları isteniyorsa fırınlanmakta ya da açık havada kurumaya bırakılmaktadır. Yumrular ileride kullanılmak üzere kuru halde saklanabileceği gibi değirmende öğütülmüş halde de korunabilmektedir. Yumruların

boyu 0.7-3.6 cm, çapı veya eni 0.3-1.2 cm ve ağırlığı 0.2-1.6 gr olabilir (Kreutz, 2002).

Toplanma dönemine göre salebin içerdiği etkin maddeler de değişmektedir. Bileşiminde ağırlıklı olarak müsilaj (%6-61), nişasta (%0.6-36), indirgen şeker (%0.4-4.5), indirgen olmayan şeker (%0.1-2.3), toplam azot (%0.4-1.2), su (%6-12), kül (%0.2-9) içeriğindedir (Akgül, 1993).

Kaya ve Tekin (2001) yaptıkları çalışmada, salebin en önemli bileşeni olan stabilizör etkideki glukomannozun %16-55 oranında, nişastanın %2.7, nemin %12 ve külün %2.4 oranında bulunduğunu belirtmişlerdir.

Salebin bileşiminde bulunan nişasta ve diğer kıvam artırıcılar hem içecek olarak tüketilmesine, hem de dondurma yapımında kullanılmasına neden olmaktadır. Aromatik bileşikleriyle de bu gıda maddelerine kendine özgü bir lezzet katmaktadır (Anonymous, 2002a; Anonymous, 2002e; Tekfidan, 2001; Akgül, 1990).

Salep kalitesi azalan sırayla Kastamonu, Silifke, Muğla, Antalya, Kahramanmaraş, Van salepleridir (Akgül, 1993). Özellikle Kastamonu ve Safranbolu salepleri iyi randımanlı olup, büyük tanelisi piyasada rağbet görmektedir (Birer, 1986).

Türkiye’de yılda yaklaşık 45 ton salep üretildiği tahmin edilmekte ve bunun 15 ton kadarlık kısmı ihraç edilmektedir. Bir kilo salep üretmek için 1000 ile 4000 yumruya gerek duyulmaktadır (Anonymous, 2002f; Kreutz, 2002).

Türkiye’deki orkideler ne yazık ki artık uçurumun eşiğine gelmiştir ve uzun vadeli planlar ile acilen korunmazlarsa tüm orkidelerin tehlike altına girmesi, sadece birkaç alanda yetişen nadir türlerin ise tamamen ortadan kaybolması kaçınılmazdır. Anadolu’daki bu doğal hazinenin sonsuza kadar yaşayabilmesi, bu topraklarda yaşayan insanların elindedir. Tarımıyla, üretimle ilgili olarak yukarıda sayılan faktörlere dikkat etmekle beraber, nişasta gibi salep tozuyla birlikte salep içeceğinde kullanılabilecek bileşenler, kıvam vericiler üzerine araştırmalar yapılarak geleneksel salep içeceği kültürümüz korunabilir (Kreutz, 2002).

2.2. Geleneksel Salep İçeceği ve Özellikleri

2.2.1. Salep içeceğinin tanımı ve hazırlanışı

Salep ieeği, şıfalı yabani orkide köklerinden elde edilen aromatik salep tozuyla yapılan sıcak bir kış ieeğidir (Tekfıdan, 2001).

Sahlep, ayırotu, emieği, g otu, "orchis", tuber salep, "ophyris", "serapias", "platanthera", "dactylorhiza" salep tozunun diğer adlarıdır (Anonymous, 2002c). Salep ieeği sütlü veya sade olmak üzere iki türlü hazırlanmaktadır. Sütün veya suyun içine salep tozuyla birlikte nişasta konmakta, ağır ağır karıştırılarak kaynatılmaktadır. Boza kıvamına gelince içine şeker konarak biraz daha karıştırılmaktadır (Anonymous, 1979). Salep ieeği "salep gğm" adı verilen ve altında sürekli ateş yanan özel kaplarda hazırlanmaktadır (Anonymous, 1986). Salep ieeği süt, şeker ve salep tozunun birlikte kaynatılmasından da elde edilmekte ve genelde tarçınla veya zencefille birlikte sıcak olarak fincanda servis edilmektedir. Günümüzde piyasada hem pişirilerek hazırlanan, hem "instant" olarak hazırlanabilen toz salep içecekleri, hem de sıvı halde "UHT" teknolojisiyle hazırlanmış salep içecekleri mevcuttur. Salep, pahalı bir baharat olduğundan, tadı ve kıvamı iyi ayarlanmış salep bulabilmek o kadar kolay değildir. Burada kıvam verici salep ve kullanılan nişasta bileşenleri önem kazanmaktadır (Anonymous, 2002d; Tekfıdan, 2001).

2.2.2. Salep ieeğinin tarihteki yeri

Türklerin saleple tanışıklığı çok eski dönemlere uzanmaktadır. 8. yüzyıldan itibaren İşlamiyet'in kabulüyle birlikte, İşlam dininin yasakladığı şarap ve kımız gibi alkollü içkilerin yerini boza, şıra ve salep gibi alkolsüz içkiler almıştır. şıra daha çok yaz aylarında tercih edilirken, boza ve sıcak sıcak servis edilen salep, kış aylarında iilmekteydi (Freedman, 2002; Güngör, 2002; Tekfıdan, 2001). Tarihçilere göre, Ortadoğu'ya özgü bir içecek olan salep, kahvenin yaygınlaşmasından önce Avrupa'da, özellikle de İngiltere'de "salep dkknları" nda satılmakta, tereyağlı ekmekle birlikte servis yapılmaktaydı. Ancak, kahvenin yaygınlaşmasıyla bu gelenek zamanla unutulmaya başlanmıştı (Tekfıdan, 2001).

2.2.3. Salep tozu kullanılarak yapılmış çalışmalara rnekler

Geleneksel Türk tipi dondurma salep, tam yağlı süt ve şekerle hazırlanmakta ve doğal bir polisakkarit olan salep dondurmada stabilizatör olarak kullanılmaktadır.

Salep tozu içeren ürünlerde reolojik özelliklerin incelendiği iki bilimsel çalışma mevcuttur.

Kaya ve Tekin (2001) yaptıkları bir çalışmada, Türk tipi dondurmada salep konsantrasyonunun dondurmanın reolojik karakteri üzerine Brookfield RVT viskometresi ile (2.5, 5, 10, 20, 50 ve 100 devir/dakika kayma hızlarında) etkisi incelenmiştir. Farklı salep konsantrasyonlarındaki (%0.4, 0.62, 0.78, 1) örneklerin viskozitelerine sıcaklığın etkisi (10, 20, 30, 40 ve 50°C) belirlenmiştir. Kullanılan tüm sıcaklıklarda ve konsantrasyonlarda süt-salep-şeker karışımının (%21.9 şeker, %0.4-1 salep tozu, geriye kalanı süt veya su) Newtonyen-dışı davranış gösterdiği belirlenmiştir. Salep konsantrasyonunun arttırılması su-salep-şeker karışımının reolojik karakterini Newtonyen davranıştan Newtonyen-dışı davranışa değiştirmiştir. Salep konsantrasyonunun değiştirilmesi ile oluşan viskozite değişikliği sıcaklığın değiştirilmesindekinden daha etkili bulunmuştur.

Kaya (2001), yaptığı bir çalışmada, salep tozu ve keçiyoynuzu gamı konsantrasyonunun (100 ml’de 0.2, 0.4, 0.78 ve 1.00 gr), dondurma karışımının akış davranışına etkisini 5-30°C’lerde 5 farklı sıcaklıkta Haake RheoStress koni ve plaka sensör sistemiyle incelemiştir. Stabilizatör konsantrasyonunun arttırılmasıyla üslü yasa akış davranış indeksi düşmüştür ve karışımın reolojik karakteri Newtonyenden Newtonyen-dışı davranışa değişmiştir.

3. GIDA SANAYİNDE KULLANILAN NİŞASTALAR

3.1. Gıda Sanayinde Nişastaların Fonksiyonları ve Önemi

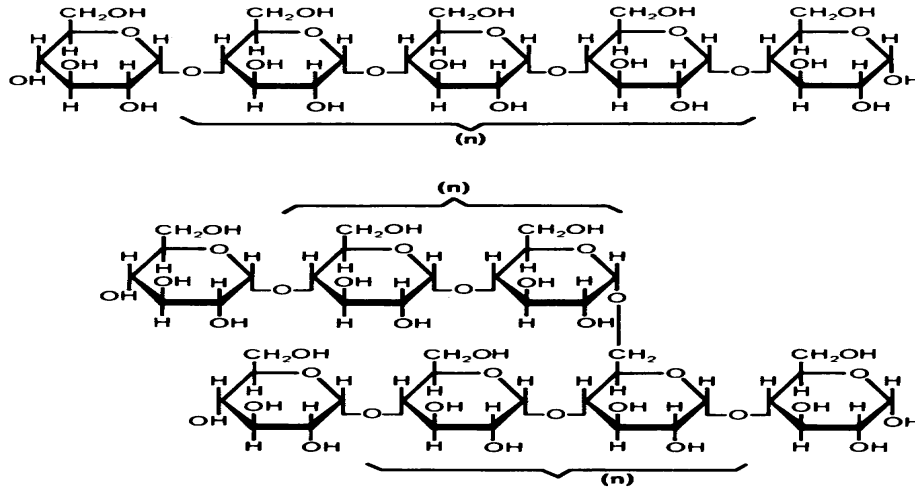
Gıda sanayinde nişasta esaslı pek çok gıda üretilmektedir. Nişastanın gıdalarda çeşitli fonksiyonları olup bunların en önemlilerinden biri gıdaların dokusal özelliklerini geliştirmesidir. Nişastanın pişme ve işleme sırasında ve sonrasında geçirdiği değişimler ve sahip oldukları özellikler gıdaların dokusunu çok etkilemektedir. Üretilen nişasta esaslı gıdalar çok çeşitli ve farklı dokusal özelliklere sahiptir. Doku ise bir gıdanın tüketiciler tarafından tercihini ve beğenisini etkileyen önemli duyuşal özelliklerdendir. Bu nedenle nişasta esaslı ürünlerde doku ölçümü gıda bilimcileri ve üreticileri açısından önemli bir konu olmaktadır (Ova ve Erkek, 2002). Nişasta ve nişasta ürünleri gıda sanayinde geniş bir kullanım alanına sahiptir. Nişasta beslenme açısından iyi bir karbonhidrat kaynağı olmak dışında gıdalarda pek çok farklı görevleri vardır. Bunlardan başlıcaları şunlardır: dokusal özelliklerin geliştirilmesi ve kıvam arttırıcı (soslar, kremalı çorbalar, kek dolgularında), görünüş özelliklerinin geliştirilmesi (şekerlemelerde), nem tutucu (kek “topping”lerinde), kolloidal stabilizatör (salata sosları) (Ova ve Erkek, 2002; Pomeranz, 1985).

Doku bir gıdanın tüketiciler tarafından kabulünü ve yenilebilirliğini belirleyen önemli özelliklerden olduğu için hem tüketiciler hem de gıda üreticileri için hayati

önem taşımaktadır. Dokunun pek çok farklı tanımı bulunmakla birlikte gıdalarda doku bir gıdanın mekanik olarak, dokunarak ve uygun durumlarda görme ve işitme duyuları ile algılanabilen reolojik ve yapısal (geometrik ve yüzey özellikleri) özelliklerin tümü olarak ifade edilebilir (Ova ve Erkek, 2002).

3.1. Nişasta Molekülü ve Özellikleri

Diyetimizde sudan sonra en fazla bulunan bileşen nişastadır. Nişasta doğada bitkiler tarafından sentezlenen, monosakkarit birimleri glikoz olan bir polisakkarit olup yapısını Şekil 3.1.'de görülen amiloz ve amilopektin molekülleri oluşturmaktadır. Tüm nişastalar bu iki molekülden birinden veya her ikisinden birden oluşmuştur, ancak hangi molekülü ne oranda içerdiği nişastanın kaynağına göre değişmektedir (Ova ve Erkek, 2002; Hui, 1992).



Şekil 3.1. Amiloz ve amilopektin molekülleri (Smith, 1999)

Nişasta doğada kök, tübüler, tahıl taneleri, yeşil sebzeler ve meyveler gibi bitkisel dokularda bulunmaktadır. Bitkilerde sentezlenen nişasta granül olarak adlandırılan küçük birimler halinde depolanmaktadır. Bu nişasta granüllerinin şekil, büyüklük ve

bazı özel işaretleri bitkinin cinsine göre değişmekte olup bunları mikroskop altında incelemekle bitkinin cinsi belirlenebilmektedir (Hui, 1992; Keskin, 1987).

Tahıl nişasta taneciklerinin büyük çapları 3-20 µm, kök ve soğan nişastalarının ise daha büyük olup 10-100 µm arasındadır. Örneğin patates nişastası tanecikleri patatese veya yumurtaya benzeyen biçimde, 15-100 µm büyüklüğündedirler. Halbuki pirinç nişastası tanecikleri çok küçük, 5-6 µm çapında çokgen biçimindedirler. Buğday nişastasının büyük granülleri 25-35 µm, küçük granülleri 2-8 µm, mısır nişastası, 5-25 µm, tapioka nişastası ise 5-35 µm büyüklüğündedirler (Hui, 1992; Pyler, 1988; Keskin, 1987; Pomeranz, 1985).

X-ışınları ile incelemeler nişasta taneciklerinin kristal yapıda olduklarını göstermiştir. Bunlardan patates nişastası tanecikleri istiridye kabuğu gibi, üzerinde aynı bir merkez (hilum)' i çevreleyen selülozdan halkalar bulunur. Hilum genellikle dar uçtadır. Pirinç ve mısır nişastaları poligonal taneciklerden, buğday nişastası ise elips veya dairesel ve ince şekilli taneciklerden, tapioka nişastası ise dairesel-oval kenarı kesik taneciklerden oluşmuştur. Şekil 3.2., Şekil 3.3., Şekil 3.4., Şekil 3.5.'te sırasıyla buğday, pirinç, mısır ve patates nişastalarının tanecik yapısı verilmiştir (Macrae ve diğ., 1993; Pyler, 1988; Keskin, 1987; Pomeranz, 1985).



Şekil 3.2. Buğday nişastasının tanecik yapısı (Anonymous, 2003b)



Şekil 3.3. Pirinç nişastasının tanecik yapısı (Anonymous, 2003b)



Şekil 3.4. Mısır nişastasının tanecik yapısı (Anonymous, 2003b)



Şekil 3.5. Patates nişastasının tanecik yapısı (Anonymous, 2003b)

Şekil 3.1.'de de görüldüğü gibi, değişik nişastaların çoğu, yapısı ve molekül ağırlığı farklı, iki cins polisakkarit glukoz, $(C_6H_{10}O_5)_x$, karışımı olmakla birlikte her ikisi de tam hidrolizle D-glukoz vermektedirler. Bunlardan birincisi başlıca dallanmamış, helis şeklinde bükülmüş, değişik boyda, 100-2000 D-glukopiranoz birimlerinin α -1,4-glikozid bağları ile bağlanması ile meydana gelmiş, lineer polisakkarit zincirlerinden yapılmıştır, buna “amiloz” denir. “Amilopektin” denilen ikinci bileşen molekülleri, ağaç gibi dallanmış 1500 veya daha fazla glukopiranoz birimlerinden meydana gelmiştir. Burada da normal α -1,4 bağları başta gelmekle birlikte, dallanmaların başlangıç noktalarındaki bağlar, α -1,6 yerlerindedir. (Belitz ve Grosch, 1999).

Nişastanın amiloz ve amilopektin içeriği özelliklerini etkilemektedir. Örneğin, yüksek amiloz içeren nişastalar zor jelleşir, opak ve sıkı jel oluşturur ve güçlü film oluşturmak için kullanılabilir. “Waxy” mısır nişastalar (%100 amilopektin içerir) ise kolayca jelatinize olur ve viskoz, saydam solüsyonlar oluşturur. Amiloz jel kuvvetini artırırken, amilopektin jel kuvvetini ve viskozitesini düşürmektedir (Hui, 1992).

Tablo 3.1.'de iki nişasta polisakkaritinin genel özellikleri, Tablo 3.2.'de ise nişasta çeşitlerinin amiloz ve amilopektin içerikleri verilmiştir.

Tablo 3.1. İki nişasta polisakkaritinin genel özellikleri (Hui, 1992)

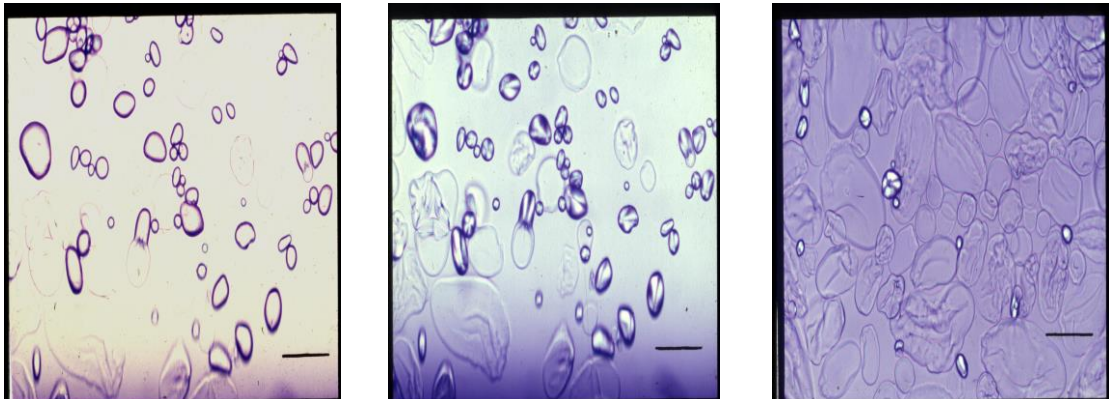
Özellik	Amiloz	Amilopektin
Solüsyon stabilitesi	Kararsız	Kararlı
Jel	Yumuşak, geriye dönüşümlü, akışkan	Jel oluşumu yok
Film	Yapışkan	Film oluşumu yok
Çözünürlük	Değişken	Çözünür
Kompleks oluşumu	İyot, lipid ve çeşitli polar organik moleküllerle kompleks oluşturur	Kompleks oluşumu yok

Tablo 3.2. Nişasta çeşitlerinin amiloz ve amilopektin içerikleri (Anonymous, 2003c, Pomeranz, 1985)

Nişasta çeşidi	Amiloz (%)	Amilopektin (%)
Mısır	25	75
“Waxy” mısır	1-5	95-99
Buğday	25	75
Patates	20	80
Topiyaka	17	83
Yüksek amilozlu mısır	50-70	30-50

3.3. Nişastanın Jelatinizasyonu

Nişasta granülleri soğuk suda çözünmezler, ancak sıcaklık uygulanırsa çözelti içindeki nişasta molekülleri daha hızlı titreşim yapar ve moleküller arası H-bağları kopar ve bu bölgelerde su molekülleri tutulur. Nişastanın yapısına su girmesi ve nişasta zincirlerinden parça kopuşundaki artış genel yapıdaki düzensizliği artırır, kristal yapıdaki bölgelerin sayısı azalır ve boyutu küçülür ve nişastadaki kristal yapının tamamen kaybolduğu ilk nokta jelatinizasyon noktası veya jelatinizasyon sıcaklığı olarak kabul edilir. Nişasta çeşidine bağlı olarak %60 (yaş baz) su varlığında nişasta molekülleri 50-90°C aralığında jelatinize olmaktadır. Şekil 3.6. 'da jelatinize edilen nişastasının tanecik yapısındaki değişim kademeli olarak gözlemlenmektedir (Ova ve Erkek, 2002; Smith, 1999)



Şekil 3. 6. Jelatinize edilen nişastasının tanecik yapısındaki değişim (Wedzicka, 2001)

Tübüler ve kök nişastaları (patates ve tapioka) tahıl nişastalarına göre daha kolay jelatinize olur, daha viskoz, berrak jeller oluşturur, belirgin bir tadları yoktur. Mısır nişastaları ise opak, yapışkan ve hafif tahıl aroması içeren jel oluştururlar. “Waxy” mısır nişastaları ise patates ve mısır nişastalarının arasında özelliklere sahiptir. Buğday nişastası jeli ise opak ve düşük kuvvettedir. Tablo 3.3.’de bazı nişasta tanecikleri ve jellerinin genel özellikleri verilmiştir (Hui, 1992).

Tablo 3.3. Bazı nişasta tanecikleri ve jellerinin genel özellikler (Hui, 1992)

	Mısır	“Waxy” mısır	Yüksek amiloz içerikli mısır	Patates	Tapioka
Amiloz yüzdesi	27	<2	50-70	17-23	17-23
Jelatinizasyon sıcaklığı, °C	62-70	63-72	>100 (%70 için)	58-62	52-64
Görünen viskozite	Düşük	Yüksek	Düşük	Çok yüksek	Yüksek
Jel, pelte reolojisi	Kısa dönemli	Uzun dönemli	Kısa dönemli	Çok uzun dönemli	Uzun dönemli
Jel, pelte berraklığı	Bulanık	Hafif bulanık	Opak	Yarı saydam	Yarı saydam
Görünen kayma kuvveti stabilitesi	Stabil	Stabil değil	Stabil	Stabil değil	Stabil değil
Jelleşme, pelteleşme eğilimi	Kuvvetli	Zayıf	Çok kuvvetli	Zayıf	Orta

3.4. Nişastanın Retrogradasyonu

Nişastanın amiloz bileşenlerinin, çözünmez hale dönüşümü “retrogradasyon” olarak bilinir. Çirişlenme ise, nişasta süspansiyonun nişasta bulamacına ve nişasta çözeltisine dönüşümüdür; sulu bir nişasta süspansiyonunda nişasta granülleri pişerek çirişlenmektedir. Nişastanın çirişlenmesi viskozitede maksimum artış olduğu zaman meydana gelmektedir (Çağlarırnak ve Çakmaklı, 1993).

Nişasta peltesi soğudukça moleküllerin c z n rl ğ  azalır ve c kelti oluşmaya başlar, yüksek konsantrasyonlarda ise jel oluşur. Nişasta jelleri uzun süre bekletilirlerse büzüşmeye başlar ve sonra da su salar. Bu özellikle dondurulup c z nd r lm ş ürünlerde etkilidir. Nişasta jeli oluşumunu ve karakteristiklerini etkileyen faktörler; granüllerin boyu, morfolojik yapısı, yaşı, gördüğü ön işlemler, pelte konsantrasyonu, pişirme süresi ve sıcaklığı, pişirme sırasındaki karıştırma, pişirme sonrası saklama süresi ve sıcaklığı, ilave edilen diğer maddelerdir (Ova ve Erkek, 2002).

Gıdalarda kullanılan bir nişastanın sudaki jelatinizasyonu ve oluşan peltenin karakterizasyonu gıda üreticileri için önemli bilgiler sağlamakla birlikte yeterli değildir. Gıdalarda su sadece reaksiyonun ger ekleştiğ  bir ortam olmayıp reaksiyonların, dokunun ve genel fiziksel ve biyolojik davranışların kontrolünde aktif bir maddedir. Bu suyun miktarından c k nişasta ile reaksiyona girebilecek durumda olan suyun miktarı önemlidir ve bu ortamda bulunan şekerler, tuzlar ve diğer su bağlayıcı maddelere bağlıdır. Ortamda bu tür maddelerin miktarı fazla ise su aktivitesi düşük olur ve jelatinizasyon c k sınırlı olarak ya da hiç gerçekleşmez. C nk  bu maddeler suyu tutar ve nişastanın tutabileceğ  su miktarını azaltırlar (Ova ve Erkek, 2002).

Örneğin şekerler mevcut su için yarışarak nişasta gran l n n şişmesini zorlaştırır, jelatinizasyon sıcaklığını yükseltir. Yüksek şeker konsantrasyonlarında nişasta jelatinizasyon hızı, pik viskozitesi ve jel kuvveti azalmaktadır. Disakkaritler monosakkaritlerden daha fazla etki yaratırlar. şekerlerin nişasta pelteleri üzerindeki etkisi limonlu turta i  dolguları, c eşitli kremalar ve puding, tatlı soslar gibi gıdalarda önemlidir (Ova ve Erkek, 2002; Rao, 1999; Smith, 1999; Pomeranz, 1985).

Pekc k gıdanın pH değeri 4-7 arasındadır ve bu miktardaki asit konsantrasyonu nişasta şişmesini veya jelatinizasyonunu c k az etkilemektedir. Bu pH aralığının altında veya üstündeki pH değerlerinde nişastanın jelatinizasyon sıcaklığı düşer ve pişirme işlemi hızlanır. C k düşük pH'larda nişasta peltesinin pik viskozitesi düşer ve pişme sırasında viskozite hızla düşer. Bu etkiler salata sosları ve meyveli turta dolguları gibi ürünlerde önemlidir. Düşük pH'da nişasta fazla hidroliz olursa

kalınlaşmayan dekstrinler oluşur. Bu nedenle nişasta ile kıvam arttırılmış asidik gıdalarda çapraz bağlı nişastalar kullanılır (Ova ve Erkek, 2002).

Mono-, di- ve triaçilgliseroller gibi yağ benzeri maddeler gıdalarda bulunur ve nişasta jelatinizasyonunu etkilerler. Amilozla kompleks oluşturan yağlar granüllerin şişmesine engel olur. Jelatinizasyon sıcaklığını ve maksimum viskoziteye ulaşmak için gerekli sıcaklığı yükseltirler. Jel oluşumu için gereken sıcaklığı ve jel kuvvetini düşürürler (Hui, 1992).

Yapısında doğal olarak nişasta içeren gıdalara monogliserit ilave edildiğinde monogliserid ve amiloz arasında kompleks oluşur ve olay amilozun granülden çıkma eğilimini azaltır. Böylece amiloz stabilize olur, retrogradasyon eğilimi azalır ve jel oluşumu önlenir, daha iyi dokusal özelliklere sahip jeller oluşur, daha az yapışkanlık yaratır ve ekmek gibi fırın ürünlerinde sertleşmeyi önler, raf ömrünü uzatır (Ova ve Erkek, 2002).

Nişasta esaslı gıdalarda çoğu zaman protein de bulunur. Bu proteinler ya nişastanın doğal kaynağından beraberinde gelmiştir veya gıdaya süt veya yumurta aracılığı ile ilave edilmişlerdir. Örneğin yapılarını buğday nişastası ve gluten etkileşimi ile kazanan kaplama hamurlarında protein-nişasta ilişkisi önemlidir. Nişasta-süt peltelerinin viskozitesinde süt proteinleri de önemlidir (Ova ve Erkek, 2002).

3.5. Modifiye Nişastalar

Gıda endüstrisinde kullanım alanı bulan doğal nişastalardan bazıları mısır, pirinç, buğday, patates, tapioka, sorgum ve sagodur. Bu nişastaların her birinin farklı özellikleri vardır ve bu özelliklere göre kullanılabilecekleri gıdalar da değişmektedir. Gıda teknolojisinin gelişimi ile pek çok yeni gıda ürünü ortaya çıkması ve bu ürünlere uygun nişasta gereksiniminin artması ile modifiye nişastaların önemi artmıştır (Ova ve Erkek, 2002).

Yeni ürünler üretmek veya ürünlerin fiziksel özelliklerini değiştirmek için, gıda sanayinde nişastanın kimyasal veya fiziksel modifikasyonu yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Karaoğlu ve Kotancılar, 2002).

Modifiye nişastalar gıda uygulamalarında doğal nişastaların sağlayamadığı fonksiyonel özellikleri sağlamak amacıyla geliştirilmiş nişastalardır. Başlıca modifiye nişastalar önjelatinize edilmiş nişastalar, asitle modifiye edilmiş nişastalar, okside olmuş nişastalar, çapraz bağlı nişastalar, esterifiye veya eterifiye edilmiş nişastalardır (Stockwell, 2002; Ova ve Erkek, 2002).

3.5.1. Ön jelatinleştirilmiş nişastalar: Ön jelatinleştirilmiş nişastalar, nişasta çözeltilerinin jelatinizasyon sıcaklığının altında pişirilmesi ve daha sonra kurutulması sonucu elde edilmektedir. Bu işlem ile nişasta, soğuk su içerisinde şişebilmekte ve jelatinize olabilmektedir. Ancak, bu tip ürünler normal nişastadan daha düşük bir kalınlaştırıcı özellik göstermektedirler. Bu tip nişastalar granüler yapıda değildirler ve şeker gibi bileşenlerle karıştırıldıklarında hemen disperse olduklarından daha çok kuru karışımlarda kullanılırlar. İyi kalitede ekmek ve pişirilmeden hazırlanan kahvaltılık tahıllar, çorba, puding, muhallebi unları hazırlanmasında, et ürünlerinde gevrek yapı ve bağlayıcı olarak kullanılır. Kısmen jelatinleştirilmiş nişastalar enzim etkisine daha yatkındırlar. Öğütülmüş olarak biracılıkta kullanılırlar (Zorba, 2001; Hui, 1992; Keskin, 1987).

3.5.2. Asitle modifiye edilmiş nişastalar: Nişastanın sulu süspansiyonunun jelatinizasyon sıcaklığının altında hidroklorik ya da sülfirik asit gibi asitler ile muamelesi sonucunda nişasta molekülleri kısmen hidrolize olmakta ve normal nişastaya göre daha kısa zincirler oluşmaktadır. Daha sonra ise, yıkama işlemi ile asit kalıntıları uzaklaştırılmakta ve kurutma işlemi yapılmaktadır. Söz konusu nişastadan viskozitesi düşük ürünler hazırlanabilir. Nişasta sulu ortamda ısıtıldığında granülün şişme niteliğinin az olduğu gözlemlenir. Kuvvetinin arttırıldığı ve berraklığının geliştirildiği jel oluşturur. Özellikle şekerlemelerde, dondurma külâhı ve ince bisküvi üretiminde kullanılır (Zorba, 2001; Macrae ve diğ., 1993; Hui, 1992; Keskin ve Erkman, 1987).

3.5.3. Okside olmuş nişastalar: Nişastanın sodyum hipoklorit gibi okside edici ajanlar ile muamelesi sonucunda okside olmuş nişastalar elde edilmektedir. Nitrik asit, kromik asit, permanganat, hidrojen peroksit, asitle oksidasyon ajanlarındandır. Florin, iodin ve klorin ise halojen oksidasyon ajanlarıdır. Oksihalojenlerle

oksidasyonda hipoklorür asit, sodyum klorit, klorik asit kullanılabilir. Normal nişastaya göre daha kısa zincirlere sahip olan bu üründe hidrojen bağları etkilenecek retrogradasyon eğilimi azalmakta ve yumuşak yapılı, berrak jeller elde edilebilmektedir (Zorba, 2001; Çağlarırnak ve Çakmaklı, 1993; Macrae ve diğ., 1993).

3.5.4. Çapraz bağlanmış nişastalar: Nişasta zincirleri arasında çapraz bağlı ester gruplarının oluşturulması ile nişasta granülleri stabilize edilebilmektedir. Epikloridin, fosforil klorit veya sodyum trimeta fosfat kullanılarak oluşturulan dinişasta fosfat esterleri yaygın olarak kullanılır. Oluşturulan köprülerin sayısının glikoz birimlerinin sayısına oranı, çapraz bağlanma derecesini vermektedir. Gıda endüstrisinde çapraz bağlanmış “waxy” mısır nişastalar yaygın olarak kullanılmaktadır. Nişasta granülünün pişme özellikleri modifiye olur ve şişme özellikleri engellenir. Jel özelliklerinde ise şu değişiklikler olur: Yapışkan özelliğinde düşme, jel oluşumunun engellenmesi, asit, ısı dayanıklılığının ve kayma kuvveti toleransının gelişmesi gözlemlenir (Zorba, 2001; Macrae ve diğ., 1993; Hui, 1992; Srivastava ve Patel, 1973).

3.5.5. Esterifiye ve eterifiye edilmiş nişastalar: Kimyasal yan zincirlerin oluşturulması ile nişasta molekülünün stabilitesi arttırılabilmektedir. Esterifikasyon ve eterifikasyon; hidroksil gruplarındaki hidrojen atomlarının başka bir grup ile yer değiştirmesi olarak belirtilmektedir. Asetat ester, monofosfat ester ve hidroksipropil eter stabil nişasta oluşturmak için yaygın olarak kullanılan ester ve eterlerdir. Bu modifikasyon tekniği ile nişasta granülünün pişmesi için gerekli enerji miktarı azalır. Jelin stabilitesi, dondurma-çözündürme stabilitesi artarken, berraklığı geliştirilir. Jel formasyonu engellenir, viskozitesi artar (Zorba, 2001; Hui, 1992).

4. REOLOJİK DAVRANIŞLAR

Reoloji klasik olarak “maddelerin deformasyonu ve akışı ile ilgilenen bilim dalı” şeklinde tanımlanmaktadır (Macrae ve diğ., 1993; Bourne, 1982). Geniş anlamda düşünüldüğünde reoloji, dış kuvvetlerin etkisi altındaki bir cisimde meydana gelen her türlü deformasyon ve akış ile ilgilenmektedir. Deformasyon ve akış, gıda maddelerinin üretiminden tüketimine kadar neredeyse her aşamada ve farklı biçimlerde yer aldığından reolojinin gıda sektörü için önemi göz ardı edilemez (Ak, 1997).

Gıda endüstrisinde reolojik verilere;

- Boru hatlarında pompa, ekstruder, karıştırıcı, kaplama makinası, ısı değiştirici ve homojenizatör gibi ekipmanların veya bu ekipmanlarla ilgili proseslerin tasarımı için gerekli olan mühendislik hesaplamalarında,
- Ürün geliştirmede bileşen fonksiyonlarının belirlenmesinde,
- Ara ve son ürün kalite kontrolünde,

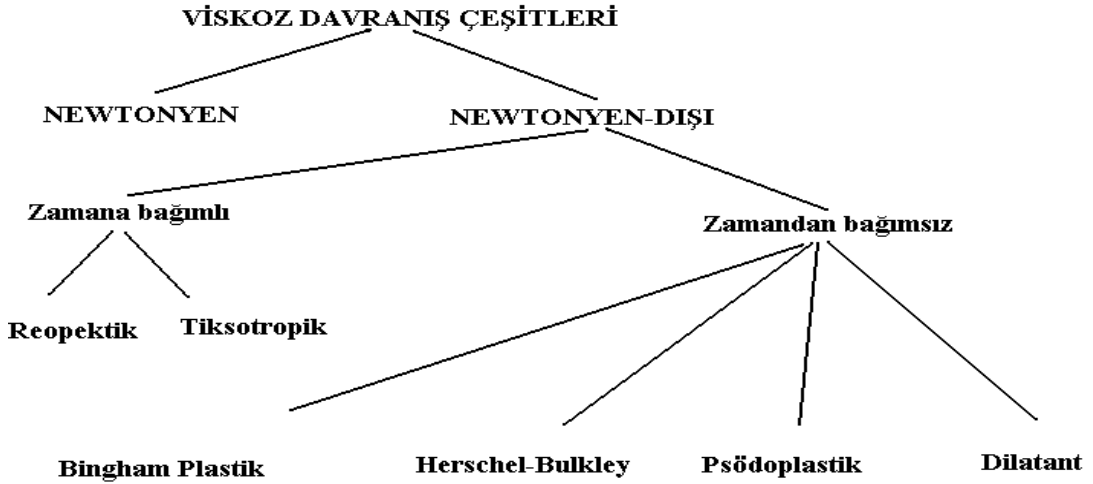
- Raf ömrü testlerinde,
- Duyusal verilerle ilişkili olarak gıda yapısının değerlendirilmesinde,
- Reolojik esaslı bileşen denklemlerinin analizinde,

ihtiyaç duyulmaktadır (Rao, 1997; Steffe, 1992; Yavuz, 2001).

Tüketici tercihlerinin oluşumunda da reoloji belirleyici olabilmektedir. Örneğin, bir ketçabın kalitesini belirleyen önemli etmenlerden biri de onun reolojik davranışdır. Şişesinden zor akan veya döküldüğünde gıda üzerinde (örneğin kızarmış patates) tutunamayan bir ketçabı bir çok kişi kalitesiz olarak değerlendirebilir. Benzer örnekleri başka ürünler için de oluşturmak mümkündür (Ak, 1997).

4.1. Reolojik Davranış Çeşitleri

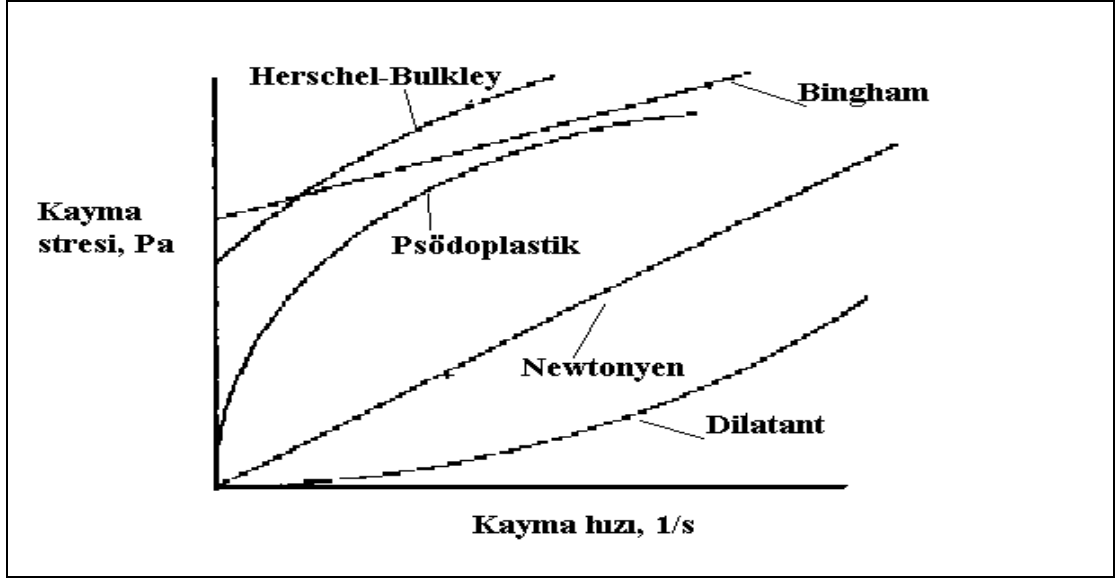
Reolojik davranışlar ideal sıvıdan ideal katıya kadar geniş bir yelpaze oluştururlar. Bu yelpazenin önemli bir bölümünü oluşturan viskoz sıvı davranışlar Şekil 4.1.'de sınıflandırılmıştır (Ak, 1997).



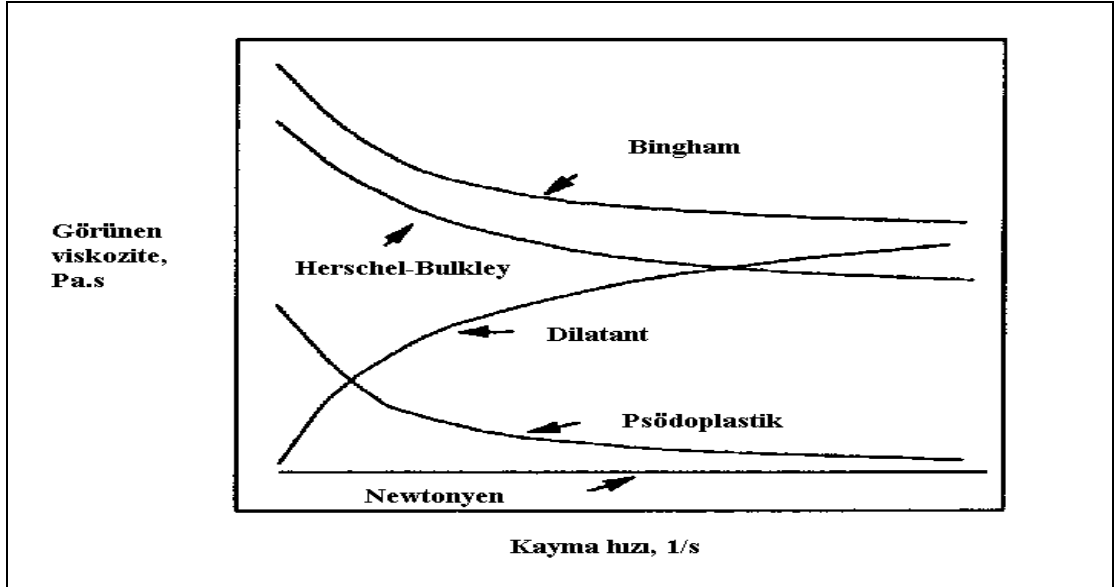
Şekil 4.1. Viskoz sıvı davranış çeşitlerinin sınıflandırılması (Ak, 1997).

Sıcaklık, kayma hızı, kayma hızının uygulanma süresi, basınç, konsantrasyon, pH, a_w ve daha önce uygulanan deformasyon reolojik özellikleri etkilemektedir (Lokumcu,

2000). Ancak sınıflandırma Şekil 4.1.'de de görüldüğü gibi kayma hızının ve zamanın etkisine göre yapılmaktadır.



Şekil 4.2. Newtonyen ve Newtonyen-dışı davranışlar için akış eğrisi (Steffe, 1992)



Şekil 4.3. Newtonyen ve Newtonyen-dışı davranışlar için viskozite eğrisi (Steffe, 1992)

4.1.1. Newtonyen davranış

Bir sıvı gıdanın Newtonyen olarak sınıflandırılması için kayma stresi-kayma hızı arasındaki ilişkinin yani akış grafiğinin doğrusal olması gerekmektedir. Bir başka deyişle sıvının viskozitesi sabit olmalı ve kayma hızından etkilenmemelidir.

Newtonyen akışkanların viskozitesi sadece sıcaklık ve kompozisyonla değişmektedir (Lokumcu, 2000; Ak, 1997). Şekil 4.2. ve Şekil 4.3.'de Newtonyen davranış için akış grafiği ve viskozite kayma hızı ilişkisi (viskozite grafiği) verilmiştir. Newtonyen davranış gösteren gıdalar olarak su, kahve, çay, bira, şuruplar, şarap, durultulmuş

Newtonyen olduğundan emin olunan bir sıvı için sadece bir kayma hızında viskozite ölçmek yeterli olacaktır. Ancak gerçekte Newtonyen olmayan fakat Newtonyen zannedilen bir sıvı için tek ölçüm olarak viskozite belirlemek önemli hatalara sebep olabilmektedir. Bu yüzden, reolojik olarak iyi tanımadığımız bir malzemenin akış veya viskozite grafiğini, en azından ilgili kayma hızı aralığı için elde etmek gerekmektedir (Ak, 1997).

meyve suları, süt, bir çok bal çeşidi, bitkisel yağlar ve bazı çorbalar sıralanabilir (Ak, 1997; Macrae ve diğ., 1993; Bourne, 1982).

Newtonyen davranışın reolojik denklemi basit şekilde şöyle yazılabilir.

$$\tau = \mu \dot{\gamma} \quad (4.1.)$$

Bu denklemde τ kayma stresini (veya kayma gerilmesini), μ kayma viskozitesini ve $\dot{\gamma}$ kayma hızını göstermektedir (Ak, 1997).

4.1.2. Newtonyen-dışı davranışlar

Reolojik davranışlar malzemenin yapısal özelliklerinin bir yansıması olduğundan Newtonyen dışı davranış gösteren gıdalar genelde emülsiyon, süspansiyon veya yüksek molekül ağırlıklı madde çözeltisi halindedir. Yapıda kayma hızıyla ve/veya zamanla meydana gelen değişimler viskoziteyi etkiler. Bir başka deyişle, bu grubun ortak özelliği viskozitenin sabit olmamasıdır. Ancak, düşük ve yüksek kayma hızı bölgelerinde bazen sabit viskozite gözlenebilir (Ak, 1997).

Genel olarak Newtonyen dışı davranışlar tek bir kayma hızında viskozite ölçerek karakterize edilemezler. Viskozitenin sabit olmaması nedeniyle artık, “viskozite” yerine “görünen viskozite” terimi kullanılır veya açıkça yazılmasa bile böyle anlaşılır (Ak, 1997; Steffe, 1992). Görünen viskozite kayma stresinin kayma hızına bölünmesiyle elde edilir (Steffe, 1992).

$$\eta = f(\dot{\gamma}) = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} \quad (4.2.)$$

Görünen viskozite, hem kayma hızından hem de zamandan etkilenebilir. Bu nedenle Newtonyen dışı davranışları kendi içinde zamandan bağımsız ve zamana bağımlı olmak üzere iki alt gruba ayrılmaktadır (Ak, 1997).

4.1.2.1. Zamandan bağımsız Newtonyen-dışı davranışlar

Bu grup içinde yer alan davranışlar psödoplastik (kayma hızıyla viskozitesi düşen), dilatant (kayma hızıyla viskozitesi artan), Bingham plastik ve Herschel-Bulkley olarak adlandırılır. Newtonyen olmayan ve zamandan bağımsız davranışlar için genel model aşağıda Denklem 4.3. olarak verilmiştir.

$$\tau = \tau_0 + K\dot{\gamma}^n \quad (4.3.)$$

Bu denklemde τ_0 yıkılma stresi, K kıvam indeksi, n davranış indeksidir (Ak, 1997).

Psödoplastik davranış

Psödoplastik davranışa gıdalarda sık rastlanmaktadır. Bu tür sıvıların viskoziteleri kayma hızı arttıkça azalır. Bir başka deyişle kayma hızı arttıkça materyalin akmaya karşı direnci düşer (Ak, 1997; Steffe, 1992).

Psödoplastik davranışın mekanizması kabaca şöyle açıklanabilir. Durgun halde iken veya düşük kayma hızında gelişigüzel dağılmış olan yapı elemanları, kayma hızı arttıkça akış yönünde dizilirler ve böylece akışa karşı dirençleri, yani malzemenin viskozitesi azalır. Ayrıca durgun halde iken eğer partiküller kümeler oluşturmuşsa kayma hızı arttıkça bunlar dağılacak ve viskozitesi yine düşecektir (Ak, 1997).

Denklem 4.1. ile Denklem 4.3. karşılaştırıldığında kıvam ya da konsistens indeksi dediğimiz K'nın viskoziteye karşılık geldiği, davranış indeksi dediğimiz n'nin ise

Newtonyen davranıştan ne kadar uzaklaştığını gösteren bir sayı olduğu görülür. Kıvam indeksi ve akış davranış indeksi sıcaklıktan ve gıdanın kompozisyonundan etkilenmektedir (Lokumcu, 2000; Ak, 1997). Yoğurt, margarin, salata sosları, elma sosu, domates salçası, konsantre portakal suyu, muz püresi, çorba, tahin/pekmez karışımları, puding, çikolata ve bir çok gam solüsyonunun psödoplastik davranış sergilediği bildirilmiştir (Alpaslan ve Hayta, 2002; Ak, 1997; Bourne, 1982).

Dilatant davranış

Dilatant sözcüğü kabaca hacim artışı anlamına gelmektedir. Dilatant davranış Şekil 4.2. ve Şekil 4.3.'ten de görüldüğü gibi çoğunlukla yüksek oranda katı partikül içeren süspansiyon yapıdaki sistemlerde görülmektedir. Davranışı açıklamak üzere ileri sürülen bir mekanizmaya göre, durgun halde iken veya düşük kayma hızında, partiküller tabakalar oluşturmakta, sıvı faz ise bu tabakalar arasındaki boşlukta yer alarak tabakaların birbirini üzerinden rahatça kaymasına yardımcı olmaktadır. Bir anlamda sıvı faz yağlama görevi yapmaktadır. Ancak kayma hızı arttıkça bu tabaka yapısı bozulmakta ve gelişigüzel dağılan partiküller bireysel hareket etmekte ve etkili hacimleri gerçek hacimlerinden fazla olmaktadır. Ayrıca, yeni oluşan yapıda partiküller arasında yağlama işlevi gören sıvıya gereksinim artarken ortamda buna yetecek kadar sıvı bulunmadığından akış zorlaşmakta, yani viskozite önemli ölçüde artmaktadır. Dilatant materyaller yüksek kayma hızlarında bir katı gibi davranıp pompalama vb. işlemlerde sorunlara yol açabilirler (Ak, 1997).

Çeşitli nişasta süspansiyonları, içinde yüksek moleküllü polisakkarit bulunan ballar dilatant davranış gösterirler. Bunun yanında fıstık ezmesi ve sosis/sucuk eti karışımının da dilatant davrandığı belirtilmiştir. Ayrıca, ıslak kum dilatant davranışa bir örnektir (Ak, 1997).

Bingham Plastik davranış

Bu davranışta malzemeye uygulanan stres (gerilme), belirli bir değeri aşmadan akış gözlenmez. Akışın başlaması için gerekli minimum strese “yıkılma stresi” adı verilir. Bingham plastik davranışı gösteren malzemeler durgun halde iken bir “katı” gibi davranırlar. Ancak uygulanan stres bu katı yapıyı kırmaya ve harekete geçirmeye

yetecek düzeye ulaştığında ise materyal Newtonyen sıvı gibi davranır (Ak, 1997; Rao, 1995; Steffe, 1992).

Bingham plastik davranış sergileyen gıdalar arasında margarin, elma sosu, tereyağı, yoğurt, erimiş çikolata ve çikolatalı soslar, ketçap ve salça sıralanabilir. Öte yandan diş macunu da Bingham plastik davranışa örnek gösterilebilir. Kendi ağırlıkları altında bulundukları kaptan boşalmayan bu malzemelere düşük bir stres uygulandığında (örneğin tüpleri sıkıldığında) akış başlayacaktır (Ak, 1997; Macrae ve diğ., 1993).

Herschel-Bulkley davranış (Plastik davranış)

Bu davranış tipinde belirli bir stres düzeyine kadar akmayan malzeme yıkılma stresi aşıldıktan sonra akmaktadır. Denklem 4.3. ve Tablo 4.1. dikkate alındığında Herschel-Bulkley (H-B) modelinin diğer modelleri de içeren genel bir form olduğu görülür.

Tablo 4.1. Zamandan bağımsız Newtonyen dışı davranış tipleri ve bunların model parametrelerinin (Denklem 4.3.) alacağı değerler (Ak, 1997)

Davranış Tipi	Kıvam indeksi, K	Akış davranış indeksi, n	Yıkılma stresi, τ_0
“Herschel-Bulkley”	> 0	$0 < n < \infty$	> 0
Newtonyen	> 0	1	0
Psödoplastik	> 0	$0 < n < 1$	0
Dilatant	> 0	$1 < n < \infty$	0
Bingham plastik	> 0	1	> 0

H-B modeli birçok gıda maddesi için kullanılmıştır. Örneğin, elma sosunun, bebek mamasının ve hardalın reolojik davranışları H-B ve diğer modeller ile tanımlanmış ve modeller arasında bir karşılaştırma yapılmıştır. Öte yandan erimiş çikolatanın reolojik davranışı artık klasikleşmiş bir şekilde H-B modelinin özel bir formu olan “Casson” denklemi ile yapılmaktadır. H-B davranışı gösteren diğer gıda maddeleri arasında yoğurt, dondurma, ketçap, mayonez ve margarin sıralanabilir (Ak, 1997).

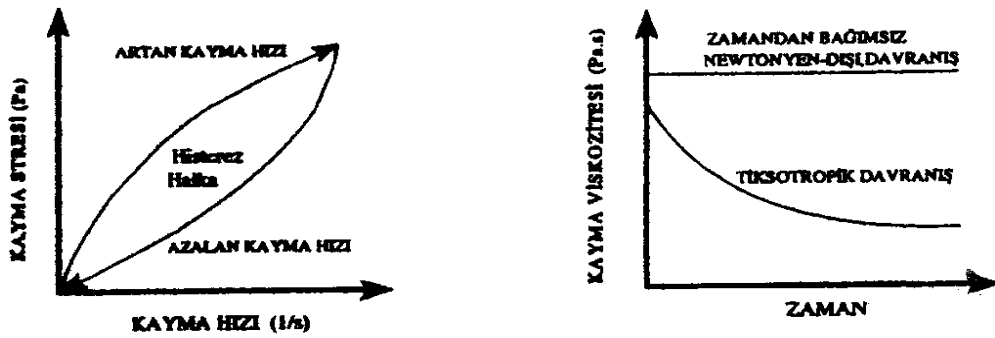
4.1.2.2. Zamana bağlı Newtonyen-dışı davranışlar

Tiksotropik davranış

Tiksotropik davranışı belirlemek için yapılacak deneyde kayma hızı önce kademeli olarak artırılıp sonra da azaltılarak kayma stresi ölçülmektedir. Eğer Şekil 4.4.'te gösterilen histerez halkası oluşursa malzemenin tiksotropik davrandığından bahsedebiliriz. Bir başka yöntemde ise kayma hızı sabit tutularak malzemenin viskozitesi zaman karşı takip edilir. Eğer viskozite zaman içinde azalırsa bu tiksotropik davranış için bir belirtidir. Ancak bazı materyaller için ikinci yöntemle yapılan deneyde sabit viskoziteye ulaşmak epey süre alabilir. Tiu ve Boger (1974), üç çeşit mayonez ile yaptıkları çalışmada bu sürenin 40 dakika civarında olduğunu belirlemişlerdir (Ak, 1997).

Tiksotropik materyaller deformasyondan sonra bir süre dinlenmeye bırakılırsa başlangıçtaki yapılarını ya tamamen ya da kısmen geri kazanabilirler. Öte yandan yukarıda bahsettiğimiz artan-azalan kayma hızı programı aynı malzeme üzerinde birkaç kez uygulanınca histerez halkasının yok olduğu durumlar da bildirilmiştir (Ak, 1997).

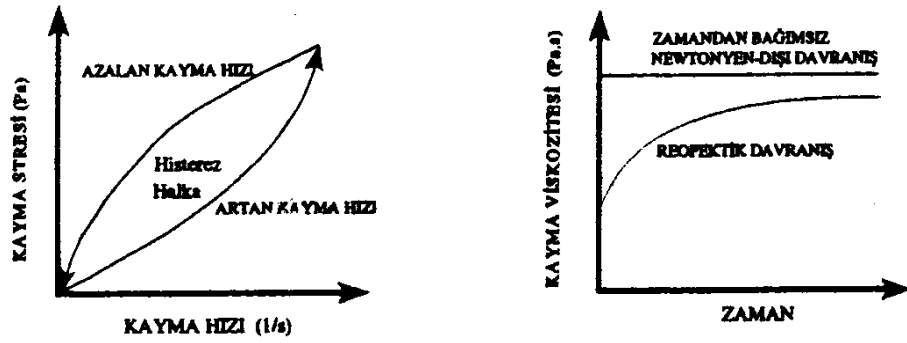
Daha da ilginç, gıda olmayan bir sistemde, malzeme tiksotropik davranıştan reopektik davranışa dönmüş ve histerez halkası neredeyse ortadan kalkmıştır (Ak, 1997).



Şekil 4.4. Tiksotropik davranış için akış ve viskozite eğrileri (Ak, 1997)

Tiksotropik davranan gıdalar arasında domates salçası, yoğurt, bebek maması, elma sosu, mayonez, ketçap, çeşitli soslar, erimiş çikolata ve sürülebilir peynir sayılabilir (Ak, 1997).

Reopektik davranış



Şekil 4.5. Reopektik davranış için akış ve viskozite eğrileri (Ak, 1997)

Reopektik davranış tiksotropik davranışın aksi bir davranıştır (anti-tiksotropik de denir) ve daha az rastlanan bir tiptir. Artan-azalan kayma hızı programı uygulandığında malzemenin davranışı Şekil 4.5.'te gösterilmiştir. Bu davranış tipinde viskozite, sabit kayma hızında, zamanla artmaktadır. Reopektik maddeler de dinlenmeye bırakıldığında orijinal yapılarına ve reolojik özelliklerine tamamen veya kısmen de dönebilirler. Çırpılmış yumurta akının ve kremanın reopektik davranış gösterdiği bildirilmiştir (Ak, 1997).

4.2. Reolojik Davranışları Etkileyen Faktörler

Sıcaklığın etkisi

Gıdalar işleme, taşıma, depolama, satış ve tüketim sırasında değişik sıcaklıklara maruz kalmaktadır. Genellikle sıcaklık arttıkça viskozitenin düştüğü bilinmekte ve sıcaklığın viskoziteye veya görünen viskoziteye ve kıvam indeksine etkisi Arrhenius denklemi ile ifade edilmektedir (Bourne, 1982).

$$\begin{aligned} \eta &= \eta_{\infty} \cdot e^{E_a / R.T} & \text{veya} \\ K &= K_{\infty} \cdot e^{E_a / R.T} \end{aligned} \quad (4.4.)$$

Kayma hızının ve sıcaklığın viskoziteye birlikte etkisi aşağıdaki denklemle ifade edilir (Rao, 1999; Sopade ve Filibus, 1994; Steffe, 1992).

$$\eta = K_{\infty} \times e^{\left(\frac{E_a}{R \times T(K)}\right)} \times \gamma^{-(n-1)} \quad (4.5.)$$

Denklem 4.4. ve Denklem 4.5.'te denklemlerde η_{∞} (Pa.s) ve K_{∞} (Pa.s) ile gösterilen terimler sabittir. E_a kJ/kgmol veya kcal/kgmol cinsinden aktivasyon enerjisi, R gaz sabiti (8.314 kJ/kgmol.K) ve T mutlak sıcaklıktır (K). η_{∞} , K_{∞} ve E_a deneysel verilerden elde edilen sabitlerdir. Yüksek E_a değerleri viskozitenin sıcaklıkla daha çok değişeceği anlamına gelmektedir (Lokumcu, 2000).

Akış davranış indeksi, genellikle sıcaklıktan kıvam indeksi kadar etkilenmez (Lokumcu, 2000).

Konsantrasyonun etkisi

Akışkan bir gıda maddesinin konsantrasyonu arttıkça, viskozitesi artmaktadır. Sabit sıcaklıkta konsantrasyonla viskozite arasında doğrusal olmayan direk ilişki vardır (Bourne, 1982). Konsantrasyonun viskoziteye etkisini modelleyebilmek için üslü bir tip denklem kullanılabilir (Lokumcu, 2000).

Maddenin molekül ağırlığının etkisi

Aynı konsantrasyonda çözünenin molekül ağırlığı ile çözeltinin viskozitesi arasında genellikle doğrusal olmayan direk ilişki vardır. Düşük konsantrasyonda asılı madde varlığı viskoziteyi az oranda artırır. Yüksek konsantrasyonlarda ise viskozite artışı fazla olur. Ürünün davranışı newtonyen-dışı, plastik ya da dilatant olabilir (Bourne, 1982).

5. MATERYAL VE METOT

5.1. Materyal

Yaygın olarak tüketilen sıvı ve toz salep içecekleri piyasadan temin edilerek ambalajında belirtilen yöntemle uygun olarak hazırlanmıştır. Formülasyon çalışması için kullanılan toz salep (Kastamonu yöresine ait) İstanbul'daki bir baharatçıdan temin edilmiştir. UHT tam yağlı süt (T.G.K. Çiğ süt ve ısıtılmış işlem görmüş içme sütleri tebliğine uygun), toz şeker (TS 861'e uygun) ve doğal buğday ve patates nişastaları (TS 2970'e uygun) süpermarketten temin edilmiş olup, doğal mısır ve tüm modifiye nişastalar Cargill Tarım San. ve Tic. A.Ş., Amylum San. ve Tic. A.Ş. ve Cerastar-Pendik Nişasta San. ve Tic. A.Ş.'den alınmıştır. Bütün reolojik ölçümler seri numaraları farklı iki numune iki kere tekrar edilerek yapılmıştır.

Reolojik ölçümlerde kullanılan salep markaları, bulunabilirlik oranı yüksek ürünlerdir. Bunların haricinde de salep markaları mevcut olup, ölçümler için örnek teşkil etmesi açısından pazar payı fazla olan markalar tercih edilmiştir.

Salep içeceği hazırlamada kullanılan UHT tam yağlı inek sütünün besin değeri Tablo 5.1.'de verilmiştir.

Tablo 5.1. UHT tam yağlı inek sütünün besin değeri

Besin Öğeleri (100 ml ürün için)	
Enerji değerleri (kcal)	59
Protein (g)	3
Yağ (g)	3.1
Karbonhidrat (g)	4.7
Kalsiyum (mg)	112

5.1.1. A ve B marka UHT sıvı salep içeceği

A ve B marka UHT sıvı salep içeceklerinin içerikleri Tablo 5.2.'de verilmiştir.

Tablo 5.2. A ve B marka UHT sıvı salep içeceklerinin içerikleri

Salep içeceği	İçindekiler
A marka UHT sıvı salep içeceği	Pastörize inek sütü (%3 yağlı), şeker, modifiye nişasta, salep, doğala özdeş salep aroması, kıvam arttırıcılar (E 407, E 412) .
B marka UHT sıvı salep içeceği	İnek sütü (%3 yağlı), şeker, modifiye nişasta, doğal salep, doğala özdeş salep aroması, kıvam arttırıcılar (guar gam, karagenan).

Tablo 5.3.' de üretici firma tarafından A ve B marka salep içeceği ambalajı üzerinde verilen etiket bilgileri verilmiştir.

Tablo 5.3. Üretici firma tarafından A ve B marka salep içeceği ambalajı üzerinde verilen etiket bilgileri

Besin Öğeleri (100 g ve 100 ml ürün için)		
	A marka salep içeceği	B marka salep içeceği
Enerji değerleri (kcal)	95	107
(kj)	397	
Protein (g)	2.5	5.4
Yağ (g)	3	2.4
Karbonhidrat (g)	14.5	16
Kalsiyum (mg)	-	195

Hazırlanışı: A ve B marka UHT sıvı salep ieeği ambalajı açılmadan iyice çalkalanmıştır, bir behere boşaltılıp, cam bagetle karıştırılarak ölçüm sıcaklığına kadar ısıtılmıştır.

5.1.2. Toz salep ieeği

5.1.2.1. C, D ve E marka pişirilerek hazırlanan toz salep ieeği

C, D ve E marka pişirilerek hazırlanan salep içeceklerinin içerikleri Tablo 5.4.’te verilmiştir.

Tablo 5.4. C, D ve E marka pişirilerek hazırlanan salep içeceklerinin içerikleri

Salep ieeği	İçindekiler
C marka pişirilerek hazırlanan salep içeceklerinin içerikleri	şeker, süt tozu, mısır nişastası, salep, kıvam arttırıcı (guar gam: E 412), doğala özdeş aromalar (tarçın, mastik, salep)
D marka pişirilerek hazırlanan salep içeceklerinin içerikleri	şeker, süttozu, mısır nişastası, salep, kıvam arttırıcı (guar gam: E 412), doğala özdeş aromalar (tarçın, mastik, salep)
E marka pişirilerek hazırlanan salep içeceklerinin içerikleri	Salep, şeker

Tablo 5.5.’ te üretici firma tarafından C ve D marka pişirilerek hazırlanan salep içeceklerinin ambalajı üzerinde verilen etiket bilgileri verilmiştir.

Tablo 5.5. Üretici firma tarafından C ve D marka pişirilerek hazırlanan salep içeceklerinin ambalajı üzerinde verilen etiket bilgileri

Besin ğeleri (100 ml ürün için)		
	C ve D marka salep içecekleri	
	Süt ile	Su ile
Protein	3.70 gr	1.60 gr
Karbonhidrat	15.70 gr	16.4 gr

Yağ	2.7 gr	0,00 gr
Enerji	102 kcal	72 kcal

C ve D marka salep içeceklerinin hazırlanışı: Poşetin tamamı (100 gr), 650 ml. (3 su bardağı) süte veya 430 ml. (2 su bardağı) suya karıştırarak ilave edilmiştir. Orta sıcaklıktaki ocakta kıvamına gelinceye kadar (10 dakika) karıştırılarak pişirilmiştir.

E marka salep içeceğinin hazırlanışı: Paketin tamamı (80 gr) 1 litre süte ilave edilmiştir. Orta ateşte 10 dakika karıştırılarak kaynatılmıştır.

5.1.2.2. F, G, H, I, J, K ve L marka “instant” (pratik) toz salep içeceği

F, G, H, I, J, K ve L marka “instant” (pratik) toz salep içeceklerinin içerikleri Tablo 5.6.’da verilmiştir.

Tablo 5.6. F, G, H, I, J, K ve L marka “instant” (pratik) toz salep içeceklerinin içerikleri

Salep içeceği	İçindekiler
F marka “instant” (pratik) toz salep içeceği	Şeker, salep
G marka “instant” (pratik) toz salep içeceği	Şeker, süttozu, patates nişastası, kıvam artırıcı (guar gam: E 412), salep, doğal tarçın aroması, doğala özdeş aromalar (kaymak, süt, badem, vanilin)
H marka “instant” (pratik) toz salep içeceği	Şeker, süt tozu, modifiye nişasta, kıvam artırıcı (guar gam: E 412), salep, doğal tarçın aroması, doğala özdeş aromalar (kaymak, süt, badem, vanilin)
I marka “instant” (pratik) toz salep içeceği	Şeker, modifiye nişasta, az yağlı süt tozu, ön pişirilmiş salep tozu, tarçın.
J marka “instant” (pratik) toz salep içeceği	Şeker, süttozu, mısır nişastası, kıvam arttırıcılar (guar gam: E 412, ksantan gam: E 415), doğala özdeş aromalar (salep, tarçın, krema, vanilin)
K marka “instant” (pratik) toz salep içeceği	Şeker, süt tozu, nişasta, kıvam arttırıcı (guar gam: E 412), tarçın, doğal salep, doğala özdeş tarçın aroması, doğala özdeş vanilin aroması
L marka “instant” (pratik) toz salep içeceği	Şeker, yağsız süt tozu, kıvam arttırıcı (guar gam), doğal salep, doğala özdeş salep ve tarçın aromaları, tuz, fruktoz, tatlandırıcılar (aspartam, asesulfam-K, sakarin).

Tablo 5.7.’ de üretici firma tarafından F, G, H, I, J, K ve L marka “instant” (pratik) toz salep içeceklerinin ambalajı üzerinde verilen etiket bilgileri verilmiştir.

Tablo 5.7. Üretici firma tarafından F, G, H, I, J, K ve L marka “instant” (pratik) toz salep içeceklerinin ambalajı üzerinde verilen etiket bilgileri

Besin Öğeleri		
	H marka salep içecekleri (150 ml ürün için)	I marka salep içecekleri (100 ml ürün için)
Enerji	167 kcal	103 kcal
Protein	5.8 gr	3.70 gr
Yağ	5.0 gr	3.20 gr
Karbonhidrat	24.8 gr	14.95 gr

F marka “instant” toz salep içeceğinin hazırlanışı: Poşetin tamamı (80 gr) derin bir kaba boşaltılıp, üzerine 750 ml (4 su bardağı) kaynar süt ilave edilmiştir. Tamamen eriyinceye kadar karıştırılmıştır (5 dakika).

G marka “instant” toz salep içeceğinin hazırlanışı: Bir bardak (75 ml) sıcak süte 3 çay kaşığı dolusu (10 gr) toz salep katıp (5 dakika) karıştırılmıştır.

H marka “instant” toz salep içeceğinin hazırlanışı: Poşetin tamamı (20 gr) büyük kahve fincanına boşaltılıp, üzerine sıcak süt (150 ml) ilave edilmiş ve (5 dakika) karıştırılmıştır.

I marka “instant” toz salep içeceğinin hazırlanışı: 20 gr salep içecek tozu üzerine 150 ml kaynar süt ilave edilmiş ve (5 dakika) karıştırılmıştır.

J marka “instant” toz salep içeceğinin hazırlanışı: Bir bardak (75 ml) sıcak süte 3 çay kaşığı dolusu (10 gr) salep toz içeceği katıp, 5 dakika karıştırılmıştır.

K marka “instant” toz salep içeceğinin hazırlanışı: Bir çay bardağına (125 ml) 2 çay kaşığı (10 gr) salep konulup üzerine kaynar süt (veya su) ilave ederek iyice (5 dakika) karıştırılmıştır.

L marka “instant” toz salep ieeğinin hazırlanışı: Bir fincana 175 ml sıcak su doldurulmuştur. Poşetin tamamı (18.5 gr) sıcak suya boşaltılmıştır. Yeterince (5 dakika) karıştırılmıştır.

Hazırlanış teknikleri açısından markalar incelenecek olursa “instant” (pratik) toz salep ieeğii daha yaygın olarak piyasada mevcuttur. İdeal olarak belirlenen F marka salep ieeğinin formülasyonu temel alınıp, diğier markalarinkii de gözönüne alınıp temel bir toz karışım formülasyonu belirlenmiştir. Bu formülasyonda salep ve benzeri ürünlerde yaygın olarak kullanılan buğday, mısır ve patates gibi doğal nişastaların ve dört tip modifiye nişastanın salep ieeğinin reolojik özelliklerine etkisi yapılan reolojik ölçümlerle belirlenmiştir.

5.1.3. Doğal nişasta ile hazırlanan “instant” toz salep ieeğii

İçindekiler: Buğday veya mısır veya patates nişastası (TS 2970’e uygun), salep tozu, toz şeker, süt

Hazırlanışı: Doğal nişasta (2 gr), salep tozu (1 gr), toz şeker (8 gr) karışımına 100 ml kaynar süt eklenmiş ve 5 dakika karıştırılmıştır.

5.1.4. Modifiye nişasta ile hazırlanan “instant” toz salep ieeğii

İçindekiler: Modifiye nişasta (A, B, C, D), salep tozu, toz şeker, süt

Hazırlanışı: Modifiye nişasta (2 gr), salep tozu (1 gr), toz şeker (8 gr) karışımına 100 ml kaynar süt eklenmiş ve 5 dakika karıştırılmıştır.

A modifiye nişastası : Ön jelatinize, stabilize edilmiş ve çapraz bağlanmış waxy mısır nişastasıdır. E1442 hidroksipropil dinişasta fosfat olarak tanımlanmıştır. Pişirme gerekmeden viskozite sağlar, yüksek viskozite, düzgün kremii, yapışkan doku, mükemmel su bağlama yeteneğii, yüksek soğukta saklama ve dondurma-çözündürme stabilitesine sahiptir, kolay su bağlar ve yüksek jel berraklığına sahiptir. Nem: %6, pH: 6, kül: %0.2, 125 µm elekte kalan miktarı: %45, yığın yoğunluğu: 500 g/l’ dir (Anonymous, 2003a; Akgöl, 2002).

B modifiye nişastası : Stabilize edilmiş ve çapraz bağlanmış tapioka nişastasıdır. Eterifiye edilmiş nişastadır. Ürüne kremii doku kazandırma özelliğinde olup çapraz bağlanmış yapısıyla ısı, asit ve kayma kuvvetine direnci yükseltilmiştir. Yüksek

soğukta saklama ve dondurma-çözündürme stabilitesine sahiptir, kolay su bağlar ve yüksek jel berraklığına sahiptir (Akgül, 2002; Stockwell, 2002).

C modifiye nişastası : Orta dereli çapraz bağlanmış ve stabilize edilmiş waxy mısır nişastasıdır. Isıya ve kayma kuvvetine karşı dayanıklıdır (Anonymous, 2003b).

D modifiye nişastası : Kullanılan D modifiye nişastası olgunlaşmış tane waxy mısırdan (*Zea mays*) elde edilen fiziksel modifikasyona uğratılmış bir ön jelatinize “waxy” mısır nişastasıdır. Beyaz renkte, kokusuz, nötral tada sahiptir. Soğuk suda çözünür. Suyla karıştırıldığında bağlayıcı özellik kazanır. Doğal nişastanın verdiği çiğ tadı önler. Ağızda kolaylıkla erir. Su tutuculuk özelliği nedeniyle, bağlı rutubeti yüksek, serbest rutubeti düşük, daha yavaş kuruyan daha yumuşak bir ürün elde edilir; ürünün raf ömrü artar. Nem (en fazla %8.0), pH (4.5-6.0), protein (en fazla %0.4), kül (en fazla %0.3), SO₂ (en fazla 50 ppm) düzeyindedir (Akgül, 2002).

5.1.5. Bazlar

X bazının içeriği : Süt ve salep tozu (1 gr)

X bazının hazırlanışı : 100 ml sıcak süt, 1 gr salep tozuna eklenip, 5 dakika karıştırılmıştır.

Y bazının içeriği : Süt, salep tozu (1 gr) ve şeker

Y bazının hazırlanışı : 100 ml sıcak süt, 1 gr salep tozu, 8 gr şeker karışımına eklenip, 5 dakika karıştırılmıştır.

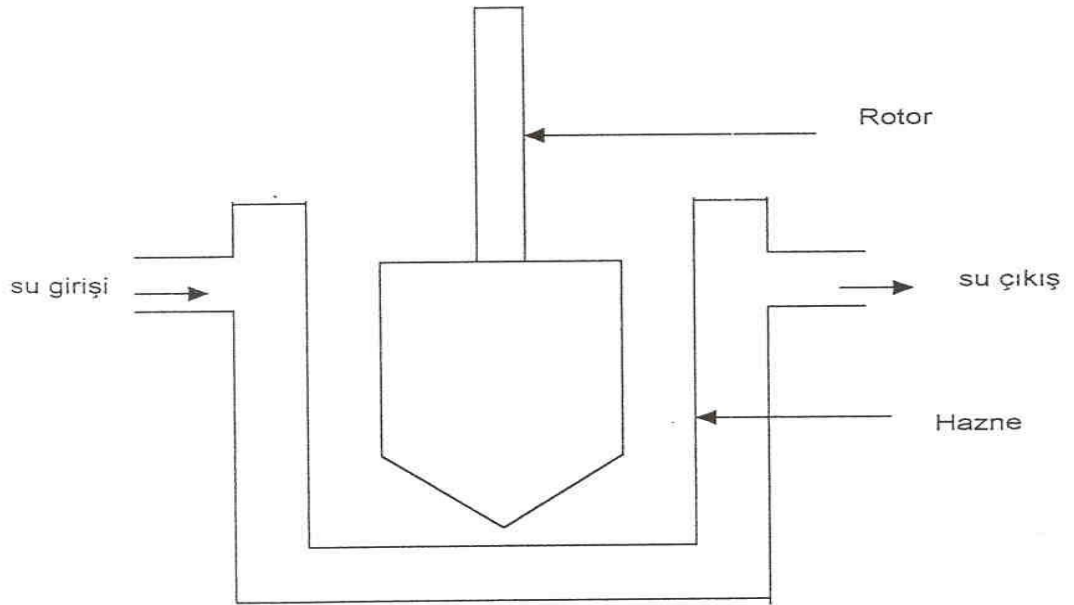
Z bazının içeriği : Süt, salep tozu (3 gr) ve şeker

Z bazının hazırlanışı : 100 ml sıcak süt, 3 gr salep tozu, 8 gr şeker karışımına eklenip, 5 dakika karıştırılmıştır.

5.2. Metot

5.2.1. Salep içeceğinin reolojik özelliklerinin belirlenmesi

Reolojik lmler Haake Rotovisco RT20 (Almanya) reometre kullanılarak yapılmış ve Z20 silindirik sensörü kullanılmıştır. şekil 5.1.'de i-içe silindirik sensör sisteminin şekli verilmiştir. Ölçümlerde kullanılan sensörün rotor ve hazne boyutları Tablo 5.8.'de, sensörün ölçüm aralıkları ise Tablo 5.9.'da belirtilmiştir.



şekil 5.1. Silindirik sensörün şekli ve sıcaklığın sabit kalmasını sağlayan ceket sistemi (Lokumcu, 2000)

Şekilden görüldüğü gibi silindirik sensör sistemi silindirik bir rotor ve hazneden oluşmaktadır. Ölçümler sırasında sıcaklığın sabit kalması için haznenin etrafında bulunan ceketten su sirkülasyonu yapılabilmektedir. Ölçümün yapılacağı sıcaklığa su banyosu ile ısıtılan veya soğutulan su, sirkülatör sayesinde ceketle hazne etrafında dolaşarak örneği ısıtmakta veya soğutmaktadır.

Tablo 5.8. Reolojik ölçümlerde kullanılan sensörlerin boyutları (Lokumcu, 2000)

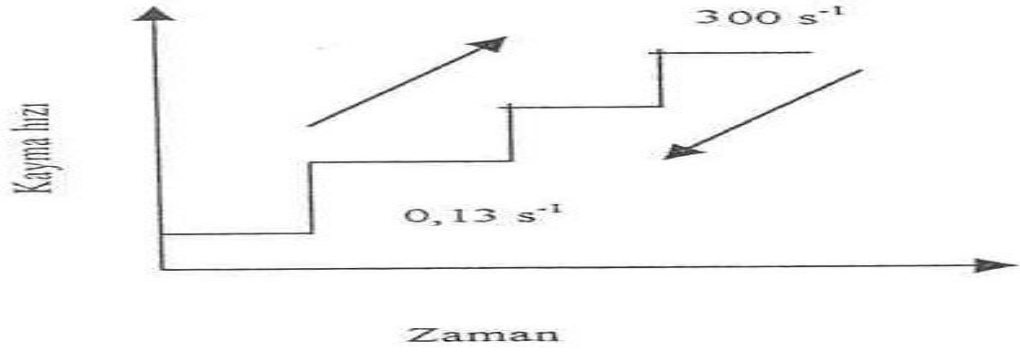
Rotor	Rotor yarıçapı (mm)	Hazne yarıçapı (mm)	Hazne ve rotor arası mesafe (mm)	Örnek hacmi (ml)
Z20	10	10.85	0.85	8.2

Tablo 5.9. Sensörlerin ölçüm aralıkları (Lokumcu, 2000)

Rotor	$\gamma=0.13 \text{ s}^{-1}$	$\gamma=1200 \text{ s}^{-1}$
	Viskozite ölçüm aralığı (Pa.s)	
Z20	30-30 000	0.003-3

Kayma hızının etkisi : Salep içeceğinin reolojik özelliklerine kayma hızının etkisini incelemek için $0.13\text{-}300 \text{ s}^{-1}$ kayma hızı aralığında seri numaraları farklı salep içeceği örnekleriyle ve her örnekte iki tekrar yapılarak, reolojik ölçüm uygulanmıştır. Ölçümlerde kayma hızı önce 0.13 s^{-1} 'den 300 s^{-1} 'e artarak gitmekte (1. ölçüm, gidiş) sonra beklemeden 300 s^{-1} 'den 0.13 s^{-1} 'e dönmektedir (1. ölçüm, dönüş). Örnek hazneden çıkarılmadan 5 dakika dinlendirildikten sonra aynı program bir kez daha uygulanmıştır (2. ölçüm, gidiş-dönüş). Birinci ve ikinci ölçüm arasında beklemenin nedeni örneğin zamana bağlı olup olmadığını tespit etmek içindir. Şekil 5.2.'de ölçüm programı şematik olarak gösterilmiştir. Örneklerle çok basamaklı ("multi-step") kayma hızı programı uygulanmıştır. Ölçümlerde $0.13\text{-}300 \text{ s}^{-1}$ kayma hızı arasında 50 noktada sıcaklık, kayma stresi ve viskozite değeri alınmıştır. Her bir kayma hızında sabit bir kayma stresi değerine ulaşıncaya kadar veya maksimum 2 dakika beklenmiştir. Daha önce yapılan ön çalışmalardan her bir basamakta 2 dakika bekleminin yeterli olacağı belirlenmiştir. Elde edilen verilerden akış eğrisi (kayma hızına bağlı kayma stresi grafiği) ve viskozite eğrisi (kayma hızına bağlı viskozite grafiği) çizilerek, örneğin reolojik davranışı değerlendirilmiştir. Salep içeceğinin

reolojik özelliklerine kayma hızının etkisi, reometrenin Haake RM 3.30 P versiyonlu yazılım programını kullanarak, (K ve n sabitleri “*Ki kare*” sifıra yakın olacak şekilde belirlenerek) lineer olmayan üslü-yasa (“power-law”) denklemi ile modellenmiştir (Lokumcu, 2000; Durmuş ve diğ., 2002, Lokumcu ve diğ., 2002).



Şekil 5.2. Artan-azalan kayma hızı programının şematik gösterimi (Lokumcu, 2000)

Sıcaklığın etkisi: Salep içeceği örneklerinin reolojik özelliklerine sıcaklığın etkisi 20 (UHT salep içeceklerinin depolama sıcaklığı) ile 55°C (salep içeceklerinin içim sıcaklığı) arasında beş sıcaklıkta incelenmiştir. Örnekler Electromantle marka ısıtıcıda istenen sıcaklığa getirildikten sonra reometrenin ölçüm haznesine aktarılmıştır. Sonra sistemin (örnek + rotor + hazne) termal dengeye gelmesi için 10 dakika beklendikten sonra ölçüm başlatılmıştır. Ölçümler sırasında sıcaklığı sabit tutmak amacıyla Numan marka sirkülatörlü su banyosu kullanılmıştır. Ölçümler sonunda salep içeceğinin kıvam indeksinin ve akış davranış indeksinin sıcaklıkla değişim grafikleri çizilmiştir. Kıvam indeksine sıcaklığın etkisi Arrhenius denklemi ile modellenmiştir. Bunun için kıvam endeksi (K) değerlerinin ortalamalarının doğal logaritmaları alınarak, $1/T$ ($1/K$)’ye karşı grafiği çizilmiştir. Çizilen grafiğin eğimi (E_a/R) ifadesine, kayımı ise denklem sabitine ($\ln K_\infty$) eşittir. R, 8.314 kJ/kgmol.K olarak alınmıştır. Arrhenius denkleminde aktivasyon enerjisinin (E_a) birimi kJ/kgmol, denklem sabitinin birimi ise (K_∞) Pa.s ‘dir. Sıcaklığın akış davranış indeksine (n) etkisi polinomal bir denklemle modellenmiştir.

Sıcaklığın kıvam ve akış davranış indekslerine etkisi modellendikten sonra üslü yasa ile Arrhenius denklemi birleştirilmiştir. Reolojik parametrelerin ortalama değerleri

modelde yerine konularak elde edilen hesaplama sonuçları ölçüm sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

Nişasta çeşidinin etkisi

Salep içeceğine benzer sıcak içeceklerde ve puding, sütlü tatlılar vb. ürünlerde yaygın olarak kullanılan doğal ve modifiye nişasta çeşitleriyle hazırlanan “instant” salep içeceğinin reolojik özellikleri sözkonusu sıcaklık ve kayma hızı aralığında belirlenmiştir.

5.2.2. Salep içeceğinin duyu özelliklerinin belirlenmesi

UHT sıvı salep içecekleri ve pişirilerek hazırlanan toz salep içecekleri için Tablo A.2.’de verilen tüketici tercih testi uygulanmıştır. Testte viskozite, lezzet ve tüm izlenim açısından en iyi örnekten en iyi örneğe sıralama yapılması istenmiştir. Hiçbiri sigara kullanmayan, 15’i bayan, 5’i erkek, yaşları 22 ile 58 arasında değişen panelistlerin 15’i Gıda Mühendisliği eğitimi almış ya da almaktadır.

“Instant” toz salep içecekleri için de Tablo A.1.’de verilen tüketici tercih testi uygulanmıştır. Yaşları 22 ile 34 arasında değişen 18’i bayan, 2’si erkek panelistlerin 2’si sigara kullanmaktadır. 19 panelist Gıda Mühendisliği eğitimi almış ya da almaktadır.

Örnekler ambalaj üzerindeki hazırlama tekniğine uygun olarak hazırlanıp, salep içim sıcaklığı olan $55^{\circ}\text{C} \pm 5$ ’de panelistlere sunulmuştur. Örneklerin sıcak tutulması için Nüve marka sirkülasyonlu su banyosu kullanılmıştır. Tadım aralarında su ve galeta verilmiştir.

Duyusal analiz sonuçları özel istatistiksel bir tablo kullanılarak değerlendirilmiş ve Tablo A.3.-A.8.’de verilmiştir (Altuğ, 1993).

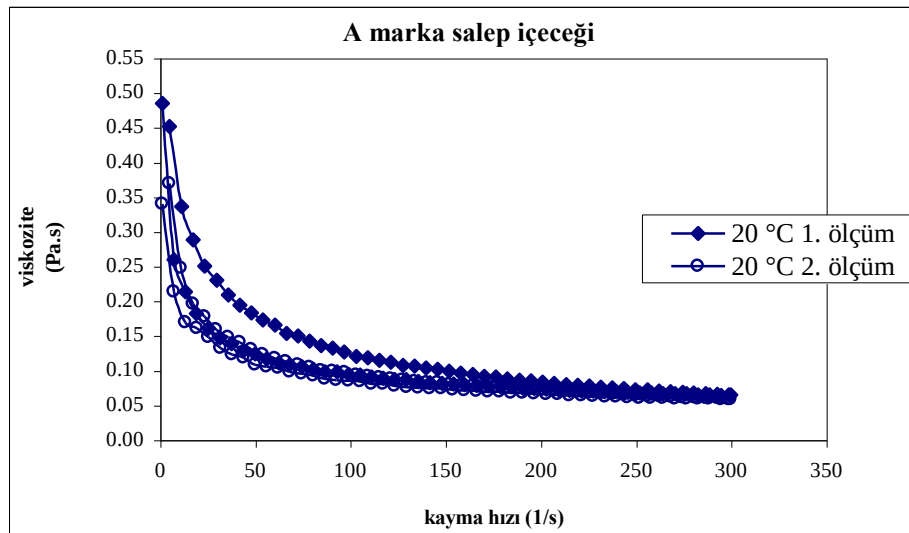
6. BULGULAR VE TARTIŞMA

Salep içeceklerinin 20 ile 55°C arasında 5 sıcaklıkta $0.13\text{-}300\text{ s}^{-1}$ kayma hızları arasında reolojik ölçümü yapılmıştır.

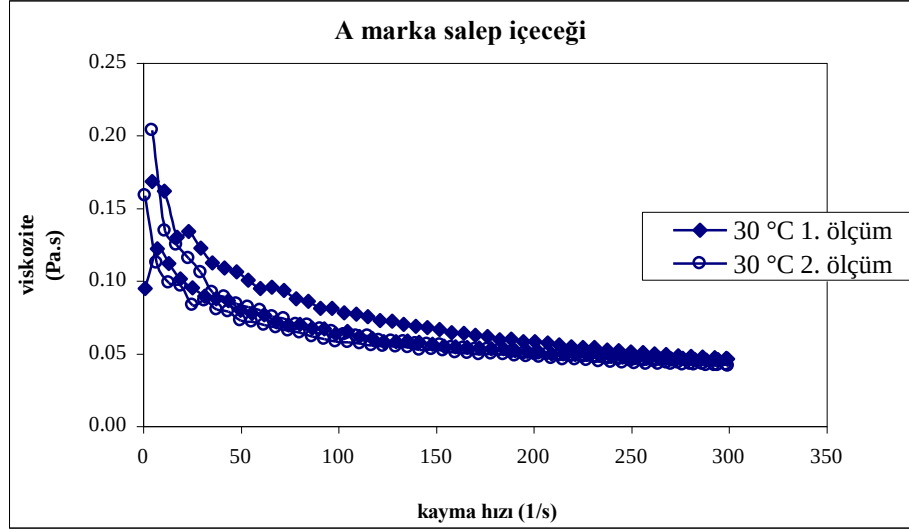
6.1. UHT Sıvı Salep İçeceğinin Reolojik Davranışı ve Duyusal Analiz Sonuçları

A ve B marka UHT sıvı salep içeceği

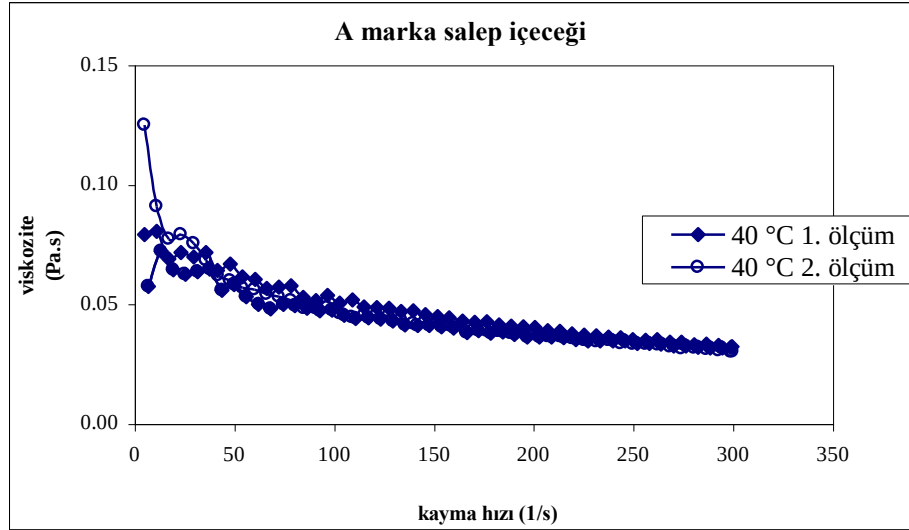
A marka salep içeceğinin 20, 30, 40, 50 ve 55°C'deki viskozite eğrileri sırasıyla Şekil 6.1., Şekil 6.2., Şekil 6.3., Şekil 6.4. ve Şekil 6.5.'te verilmiştir.



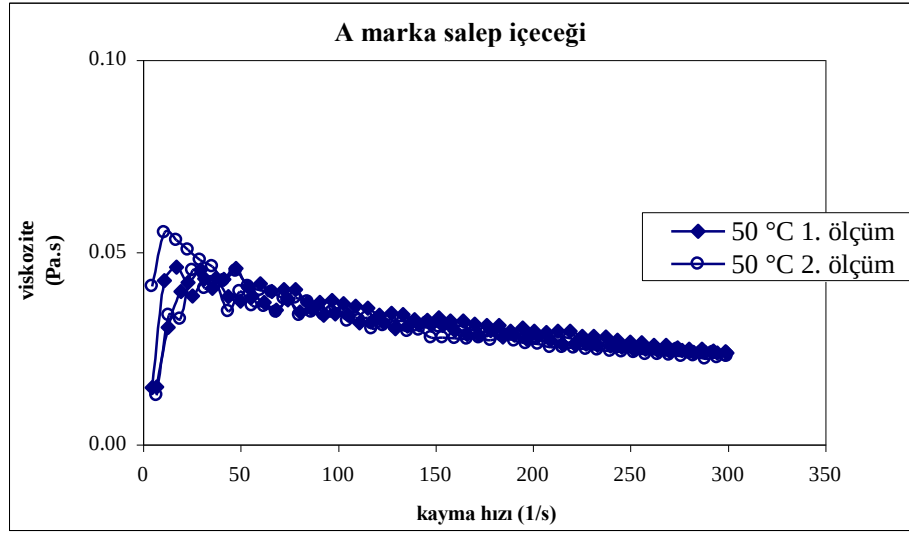
Şekil 6.1. A marka salep içeceğinin 20°C’deki viskozite eğrisi



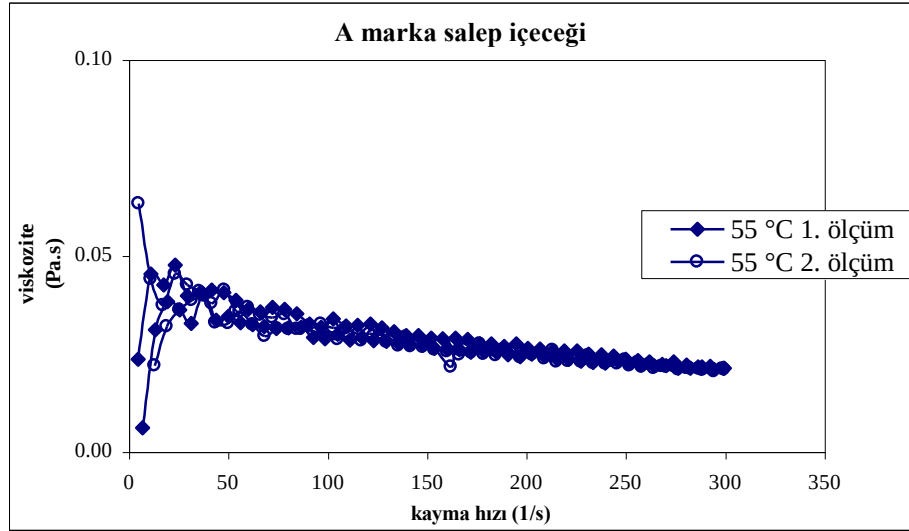
Şekil 6.2. A marka salep içeceğinin 30°C’deki viskozite eğrisi



Şekil 6.3. A marka salep içeceğinin 40°C’deki viskozite eğrisi



Şekil 6.4. A marka salep içeceği'nin 50°C'deki viskozite eğrisi



Şekil 6.5. A marka salep içeceği'nin 55°C'deki viskozite eğrisi

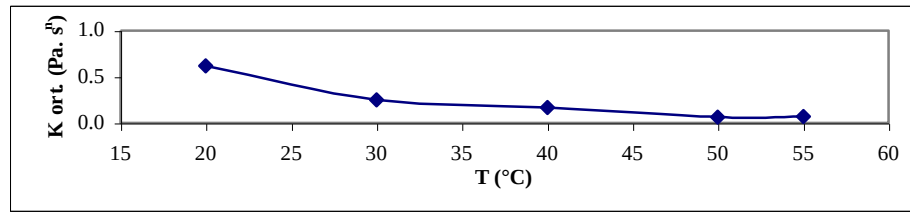
Şekil 6.1.–Şekil 6.5. incelendiğinde, düşük sıcaklıklarda düşük kayma hızlarında histeresiz gözlenmektedir. Sıcaklığın artırılmasıyla histeresiz ortadan kalkmaktadır. Akış davranış tipi psödoplastik olarak kabul edilebilir. Kayma hızı arttıkça kayma stresi artmakta, viskozite azalmaktadır. Sıcaklık arttıkça ise kayma stresi ve viskozite azalmaktadır.

Şekillerde örnek olarak 5 sıcaklık için sadece A marka ürüne ait viskozite eğrileri verilmiştir. B marka ürünün kayma stresi ve viskozite değerleri A marka üründen daha düşüktür. Yapılan duyusal analiz sonucunda Tablo A.3.'te görüleceği gibi, %5 güven aralığında A marka ürün diğerine viskozite, lezzet ve tüm izlenim açısından

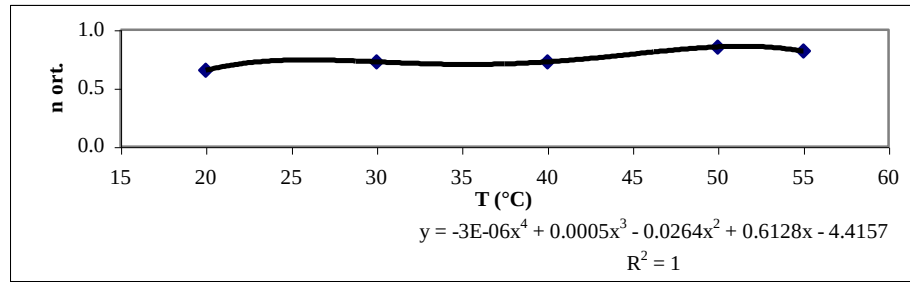
tercih edilmiştir. A marka ürün ideal lezzet, kıvam ve homojenlikte bulunmuş olup, B marka ürün, tadı salebin tadından oldukça farklı, az ve değişik aromalı ve de beklenti içinde oldukları kıvamdan daha az kıvamlı olarak ifade edilmiştir. Formülasyonda kullanılan şekerler mevcut su içinde yarışarak nişasta granülünün şişmesini zorlaştırır. Jelatinizasyon sıcaklığını yükseltir. Yüksek şeker konsantrasyonlarında nişasta jelatinizasyon hızı, pik viskozitesi ve jel kuvveti azalır (Ova ve Erkek, 2002; Rao, 1999; Smith, 1999; Pomeranz, 1985). Bu sebeple kıvamın düşük olması beklenilebilir. Nişasta-süt peltelerinin viskozitesinde süt proteinleri de önemlidir (Ova ve Erkek, 2002).

Tablo A.3.'te verilen duyusal analiz sonuçları ile reolojik ölçümlerin uyumlu olduğu gözlenmektedir.

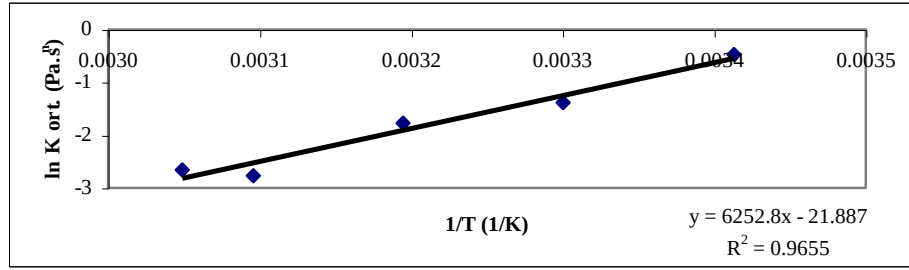
A marka salep içeceğinin kıvam indeksinin ve akış davranış indeksinin sıcaklık ile değişimi Şekil 6.6. ve Şekil 6.7.'de, kıvam indeksi için Arrhenius grafiği ise Şekil 6.8.'de verilmiştir.



Şekil 6.6. A marka salep içeceğinin kıvam indeksinin sıcaklık ile değişimi



Şekil 6.7. A marka salep içeceğinin akış davranış indeksinin sıcaklık ile değişimi



Şekil 6.8. A marka salep içeceğinin kıvam indeksi için Arrhenius grafiği

Örnek olarak A marka ürünün kayma hızının ve sıcaklığın viskozite üzerine etkisini beraber ifade eden model denklem aşağıda verilmiştir.

$$\eta = (3.12 \times 10^{-10}) \times e^{\frac{625280}{T(K)}} \times \gamma \quad (6.1)$$

A markalı ürünün reolojik karakterizasyonun örneğin deneysel olarak elde edilen reolojik özelliklerini çok iyi temsil etmediği görülmüştür. Gıdanın kompleks yapıda olmasından kaynaklanabilir.

Karıştırma vb. proseslerde gıdaya uygulanan kayma hızı 10^1 - 10^5 , borudan akışta gıdaya uygulanan kayma hızı, 10^0 - 10^3 s⁻¹'dir (Steffe, 1992). Ölçüm aralıklarından görüldüğü gibi reolojik ölçümler sözkonusu kayma hızı aralıklarına uygun seçilmiştir.

Keçiboynuzu gamı, aljinat, nişasta, pektin, ksantan gam, guar gam, sodyum karboksimetilselüloz ve karagenan sütlü ürünlerden özellikle dondurma karışımlarında, dondurulmuş emülsiyonlarda kullanılmaktadır (Keeney, 1982; Cottrell ve diğ., 1980).

Nişasta ve karagenan kombinasyonunun, UHT sütlü tatlılarda, düşük nişastalı puding formülasyonlarında kullanımı hem ekonomiklik hem de ısıl işlem sırasında düşük viskozite sağlar (Descamps ve diğ., 1986).

A ve B marka UHT sıvı salep içeceklerinin formülasyonlarına bakıldığında modifiye nişasta, guar gam ve karagenan kombinasyonunun beraber kullanıldığı görülmektedir.

Hamza'nın (1990)'da yaptığı çalışmada, pastörize yada sterilize süt, şeker, lezzet verici bileşenler (çikolata, vanilya, muz vb.), stabilizatör, kıvam verici ve jelleştirici ajanlarla hazırlanan aromalandırılmış jelleştirilmiş sütün reolojik özelliklerine pişirme süresi (15-85 dakika), pişirme sıcaklığı (65-95°C), nişasta konsantrasyonu (7-11 gr) ve karagenan konsantrasyonunun (2-6 gr) etkisini incelemiştir. Reolojik ölçümler içiçe silindirik viskometre kullanılarak, 5-80 s⁻¹ kayma hızı aralığında gerçekleştirilmiştir. Görülen viskozitenin karagenan konsantrasyonundan etkilendiği, pişirme sıcaklığının da yıkılma stresinin üzerinde büyük etkisi olduğu belirtilmiştir.

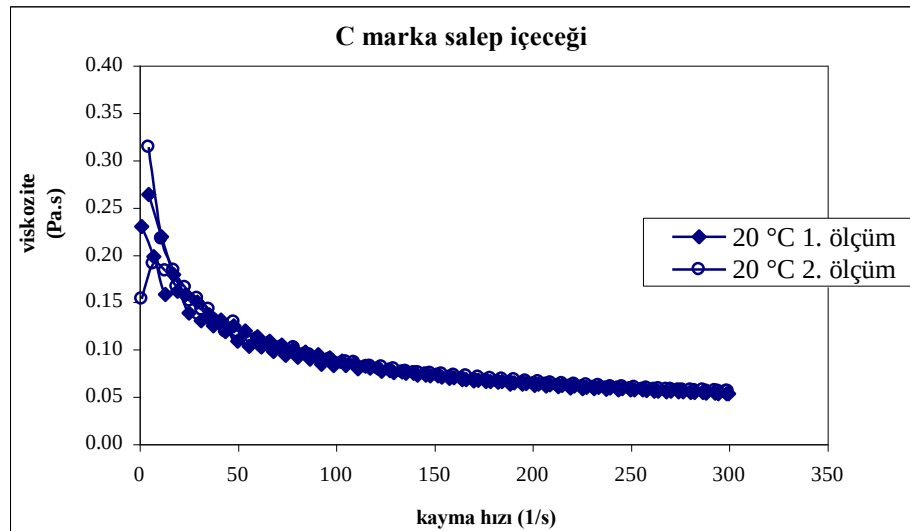
UHT sütlü tatlılarda ekonomik olan buğday nişastasının mısır nişastasının yerine kullanımı mümkündür. Sütlü ürünlerde tercih edilen karagenan yerine karboksimetil selüloz kullanımı buğday nişastası ile viskozite, kayma kuvvetine direnç ve duysal açıdan daha iyi kombinasyon oluşturacaktır.

6.2. Toz Salep İçeceğinin Reolojik Davranışı ve Duyusal Analiz Sonuçları

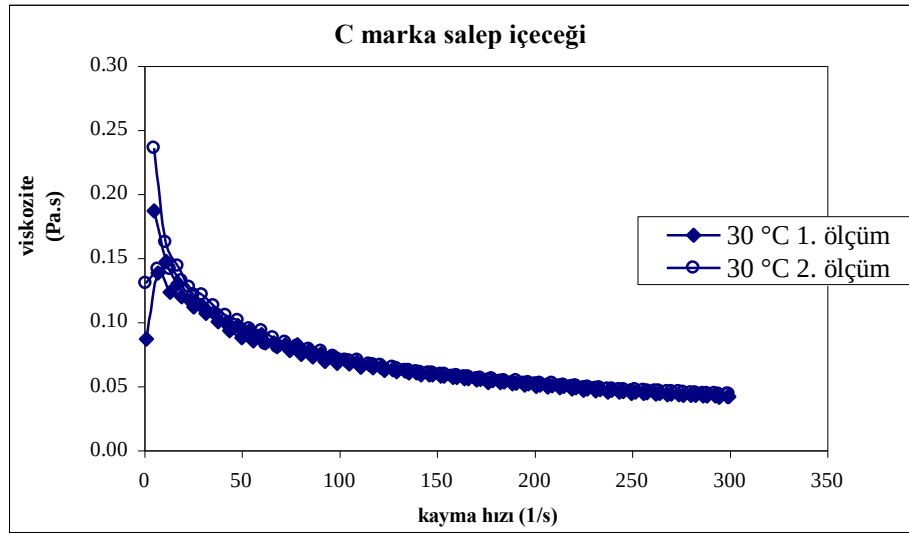
6.2.1. Pişirilerek hazırlanan toz salep içeceği

C, D ve E marka pişirilerek hazırlanan toz salep içeceğinin reolojik davranışı

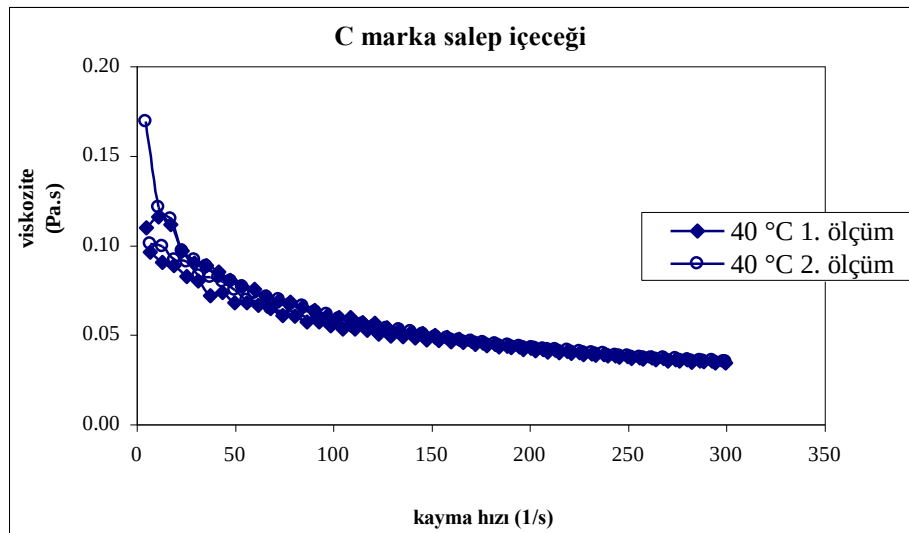
C marka salep içeceğinin 20, 30, 40, 50 ve 55°C,'deki viskozite eğrileri Şekil 6.9., Şekil 6.10., Şekil 6.11., Şekil 6.12. ve Şekil 6.13.'te verilmiştir.



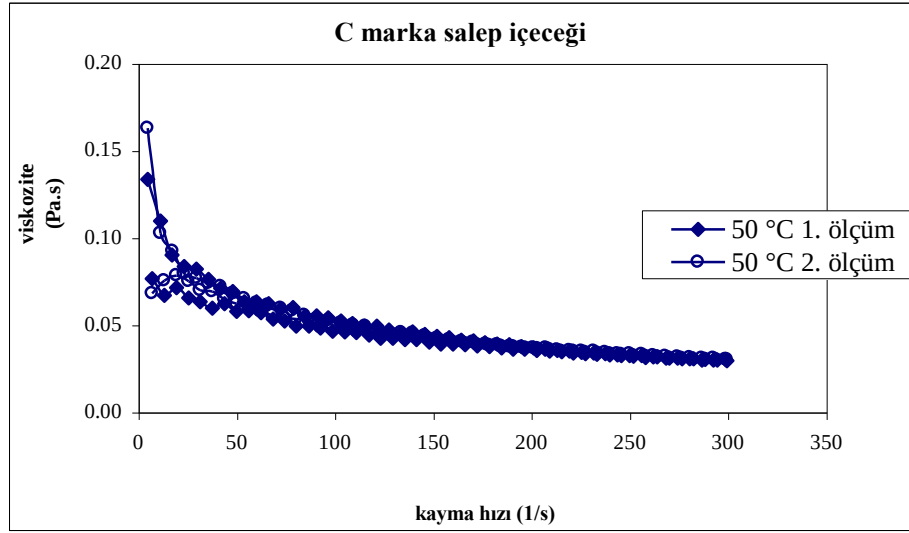
Şekil 6.9. C marka salep içeceğinin 20°C'deki viskozite eğrisi



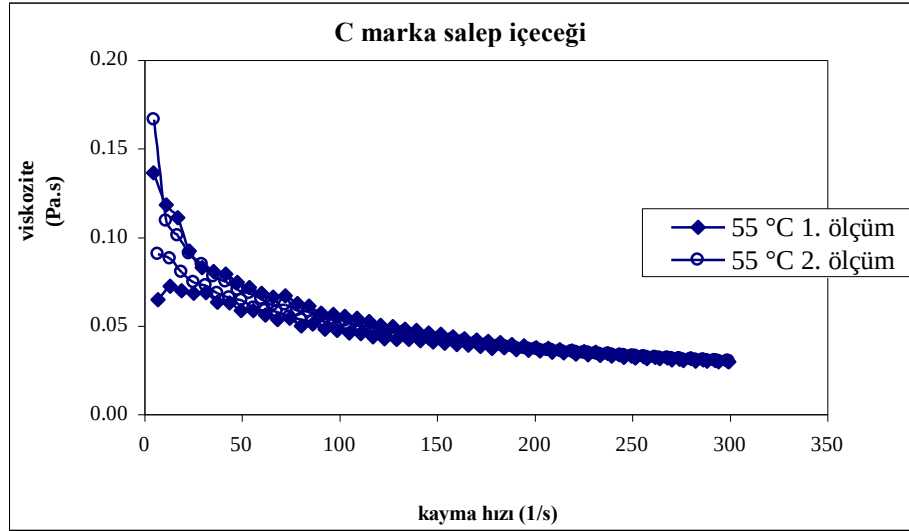
Şekil 6.10. C marka salep içeceğinin 30°C’deki viskozite eğrisi



Şekil 6.11. C marka salep içeceğinin 40°C’deki viskozite eğrisi



Şekil 6.12. C marka salep ieeğinin 50C'deki viskozite eğrisi



Şekil 6.13. C marka salep ieeğinin 55C'deki viskozite eğrisi

Şekilde rnek olarak 5 sıcaklık için sadece C marka ürüne ait viskozite eğrileri verilmiştir. E marka ürünün kayma stresi ve viskozite değerleri C ve D marka üründen daha düşüktür. C ve D marka ürünün viskozite ve akış grafikleri ise aynı çıkmıştır.

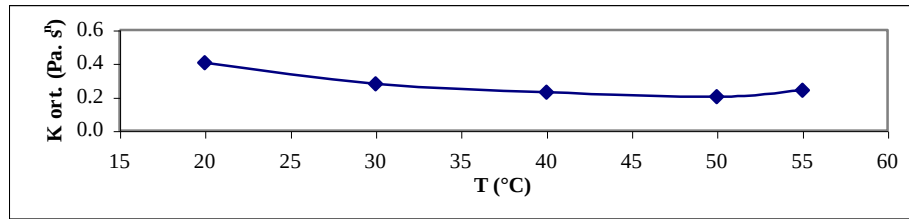
Viskozitenin artışı jel formasyonunun artıŐından kaynaklanabilmektedir (Bourne, 1982).

E marka ürün için düşük kayma hızlarında histeresiz gözlenmektedir. Yüksek kayma hızlarında histerisiz ortadan kalkmıştır. Her  ürün için akış davranış tipi

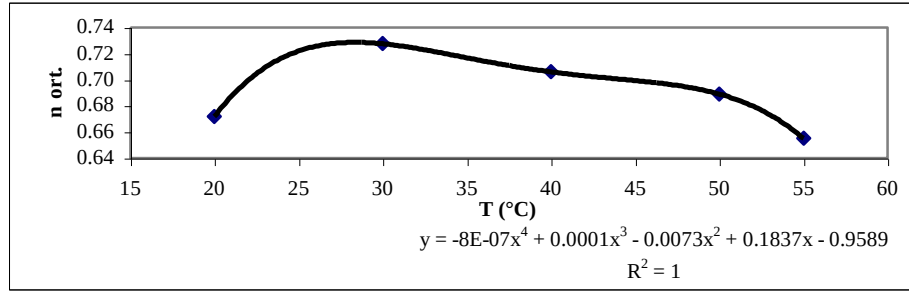
psödoplastik olarak kabul edilebilir. Gidiş ve gelişler çakışıyorsa psödoplastik, histeresiz varsa tiksotropiktir, ancak bazı histeresizlerin suni olduğu da bilinmektedir (Bourne, 1982). Sıcaklık arttıkça kayma stresi ve viskozite azalmaktadır.

Yapılan duyu analizi sonucunda Tablo A.4.'ten de görüldüğü gibi, C marka ürün %5 güven aralığında diğerlerine lezzet ve tüm izlenim açısından tercih edilmiştir. Kıvam açısından ise D ve C markalı örnekler aynı bulunmuş ve %5 güven aralığında E markalı örneğe tercih edilmiştir. D ve C markalı ürünlerin formülasyonlarına bakıldığında her ikisinin de aynı içeriğe sahip olduğu görülmektedir, kıvamlarının aynı çıkması şaşırtıcı olmamıştır. Ancak D markalı üründe kullanılan damla sakızının C markalıdakine göre fazla olması duyu analizi sonucunda hem ürünü salep tanımından uzaklaştırmasına, hem de yapışkan partiküllerin oluşmasına neden olarak gösterilmiştir. Bu da panelistlerin lezzet ve tüm izlenim açısından C markalı ürünü seçmesine sebeptir. E markalı ürünün viskozitesi ise çok düşük bulunmuştur. E markalı ürünün formülasyonuna bakıldığında nişasta gibi herhangi bir kıvam verici veya kıvam vericilerin kullanılmadığı sadece salep tozunun kıvam verici etkisiyle hazırlandığı görülmüştür. Sonuçların reolojik ölçümlerle uyumlu olduğu gözlenmiştir.

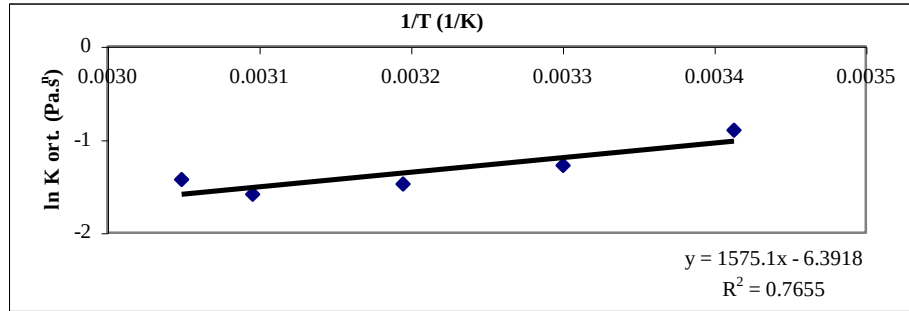
C marka salep içeceğinin kıvam indeksinin ve akış davranış indeksinin sıcaklık ile değişimi Şekil 6.14. ve Şekil 6.15.'te, kıvam indeksi için Arrhenius grafiği ise Şekil 6.16. 'da verilmiştir.



Şekil 6.14. C marka salep içeceğinin kıvam indeksinin sıcaklık ile değişimi



Şekil 6.15. C marka salep içeceğinin akış davranış indeksinin sıcaklık ile değişimi



Şekil 6.16. C marka salep içeceğinin kıvam indeksi için Arrhenius grafiği

C markalı ürünün reolojik karakterizasyonun örneğin reolojik özelliklerini çok iyi temsil etmediği görülmüştür. Sıcaklığın viskozite üzerine etkisi Arrhenius denkliğiyle iyi ifade edilmemiştir. Ayrıca ürünün düşük kayma hızlarında histeresiz göstermesiyle ilgili olduğunu da düşündürür. Model denklem aşağıda verilmiştir.

$$\eta = (1.68 \times 10^{-3}) \times e^{\frac{157510}{T(K)}} \times \gamma \quad (6.2.)$$

Geleneksel Türk tipi dondurma salep, tam yağlı süt ve şekerle hazırlanmaktadır. Salep doğal bir polisakkarittir ve stabilizör olarak kullanılır. Kaya (2001), yaptığı bir çalışmada, salep tozu ve keçiyoynuzu gamı konsantrasyonunun (100 ml’de 0.2, 0.4, 0.78 ve 1.00 g), dondurma karışımının akış davranışına etkisini 5-30°C’lerde 5 farklı sıcaklıkta Haake RheoStress koni ve plaka sensör sistemiyle incelemiştir. Stabilizör konsantrasyonunun arttırılmasıyla üslü yasa akış davranış indeksi düşmüştür ve karışımın reolojik karakteri Newtonyenden Newtonyen dışı davranışa değişmiştir.

Sopade ve Filibus (1995) yaptıkları bir çalışmada, katı madde miktarının (%5-13) ve şeker miktarının (%0-54) “akamu” viskozitesine etkisini araştırmışlardır. Akamu, karbonhidrat bazlı bir ürün olup bir çeşit fermente mısırın nişastasının tamamen jelatinize olduğu sıcaklığa kadar kaynatılmasıyla hazırlanan yarı sıvı bir gıda maddesidir. 30, 40, 50, 60 ve 70°C’lerde viskozite ölçümleri yapılmış, sıcaklığın ve şeker konsantrasyonunun artmasıyla viskozitenin düştüğü, katı madde miktarının artmasıyla ise viskozitenin arttığı belirtilmiştir. Akamu psödoplastik davranış göstermiştir ve sıcaklık, katı madde ve şeker miktarı, davranış tipini değiştirmemiştir. Tatlandırılmış “akamu” sıcaklık değişimlerine karşı daha hassasiyet göstermiştir.

Yine yapılmış bir çalışmada optimum düzeyde sodyum aljinat, karaya gam, guar gam çeşitli stabilizörlerle hazırlanmış dondurma karışımının üç farklı kayma hızında (348.88, 523.33 ve 1046.66 s⁻¹) akışı incelenmiştir. Akış davranış indeksi 1’den küçük çıkmıştır, bu psödoplastik davranışın göstergesidir. Kıvam indeksi sodyum alginat için 1.19, jelatin 1.17, karaya 1.08, guar gam 0.75 şeklindedir (Kuldip ve diğ., 2002).

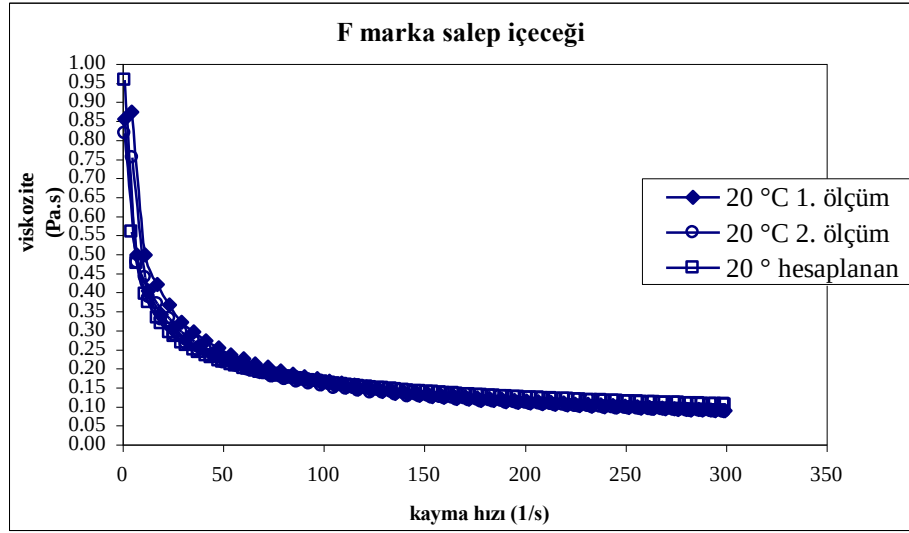
Yapılmış diğer bir çalışmada su, süt tozu, gliserol, sorbitol, süktroz ve yumurta karışımından hazırlanan dondurma karışımında reolojik özellikler rotasyonel reometre kullanılarak belirlenmiştir. Tüm örnekler tiksotropik davranış göstermiştir. En düşük kıvam yumurta ve sorbitol içeren örnekte, en yüksek kıvam ise süt tozu kullanılan karışımda gözlenmiştir. Dondurma karışımlarının viskozitesi sıcaklığın azalmasıyla artmıştır (Hegedusic ve diğ., 1994).

Deneysel çalışmada elde edilen sonuçların yukarıda verilen çalışmalarla benzer sonuçlar verdiği görülmektedir.

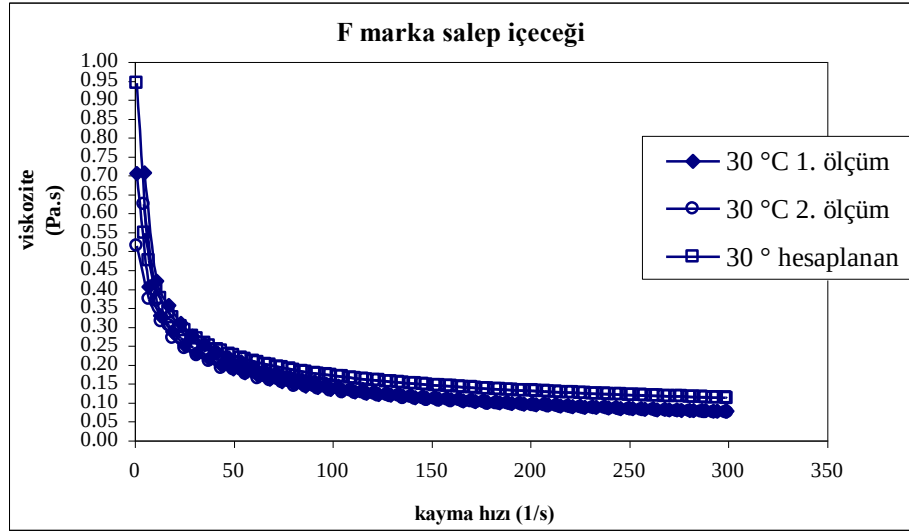
5.2.2. Instant (pratik) toz salep ieeğinin reolojik davranış

F, G, H, I, J, K ve L marka pratik toz salep ieeğ

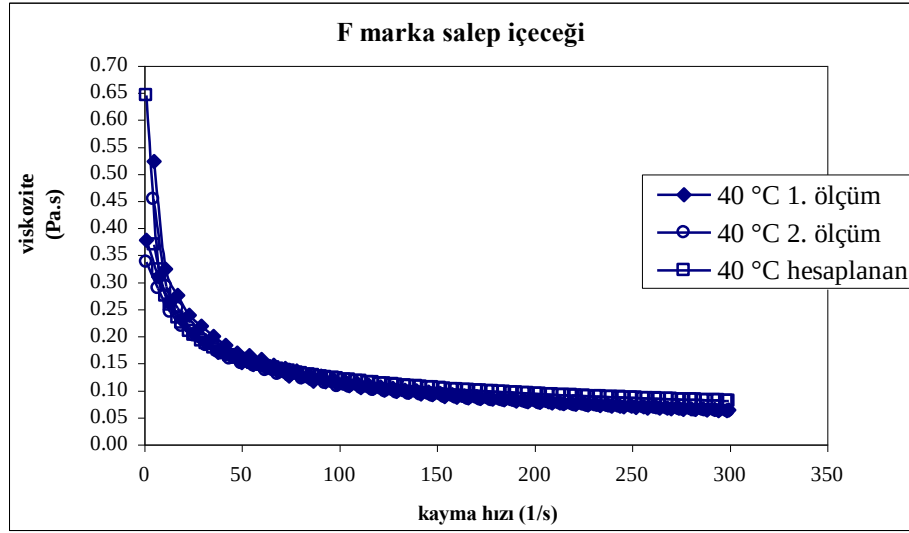
F marka salep ieeğinin 20, 30, 40, 50 ve 55°C ’deki viskozite eğrileri hem ölçülen hem de reolojik karakterizasyon denkleminde bulunan sonuçlara göre Şekil 6.17., Şekil 6.18., Şekil 6.19., Şekil 6.20. ve Şekil 6.21.’de verilmiştir.



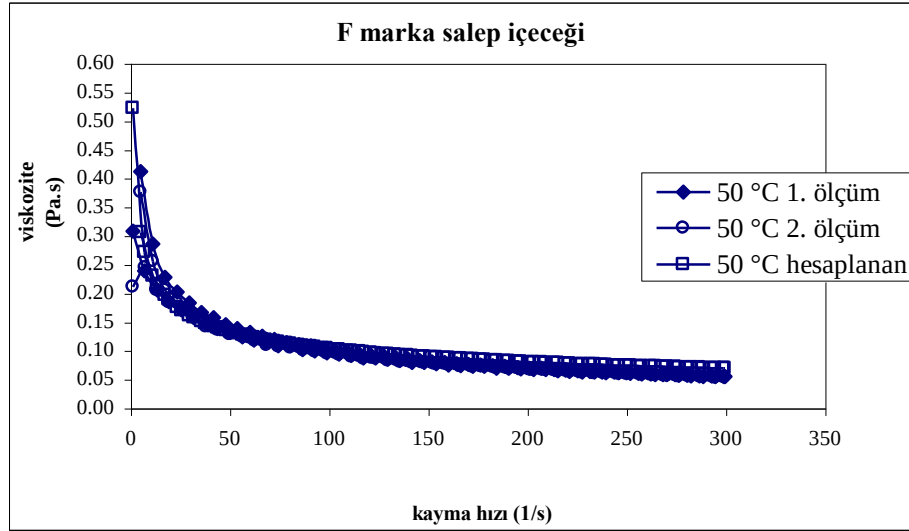
Şekil 6.17. F marka salep ieeğinin 20°C’deki viskozite eğrisi



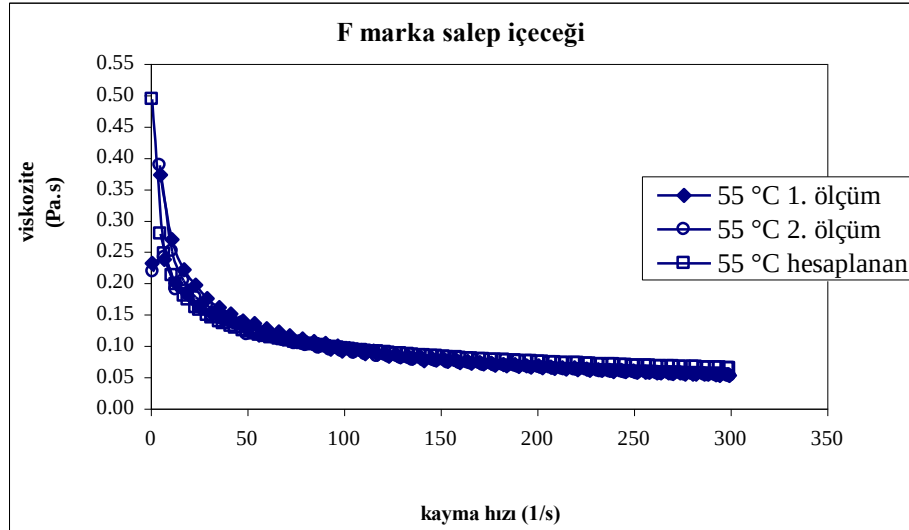
Şekil 6.18. F marka salep ieeğinin 30°C’deki viskozite eğrisi



Şekil 6.19. F marka salep ieeğinin 40°C’deki viskozite eğrisi



Şekil 6.20. F marka salep ieeğinin 50°C’deki viskozite eğrisi



Şekil 6.21. F marka salep ieeğinin 55 C’deki viskozite eğrisi

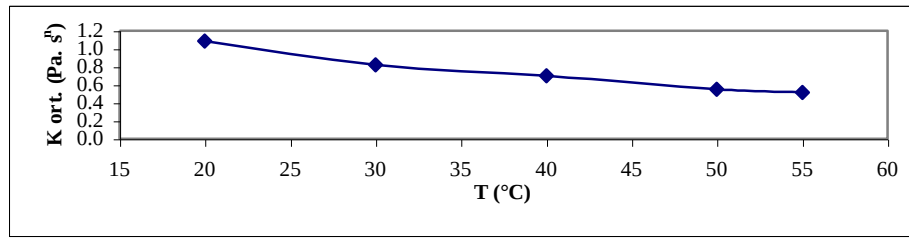
 ekilde  rnek olarak 5 sıcaklık için sadece F marka ürüne ait viskozite eğrileri verilmiştir. L marka ürünün kayma stresi ve viskozite değerleri diğerlerine göre en düşük değerleri vermiştir. G ve H marka ürünler ise en yüksek kayma stresi ve viskozite değerlerine sahiptir. Daha sonra azalan sırayla I, J, F ve K markaları gelmektedir. Sıcaklığın artmasıyla I ve J marka ürünler ile K ve L marka ürünler yakın kayma stresi ve viskozite değerlerine ulaşmıştır.

Instant toz salep içeceklerinin formülasyonları dikkate alındığında yaygın olarak özellikle modifiye nişastaların ( n jelatinize, asitle inceltilmiş, çapraz bağlanmış, vb.) buğday, mısır ve patates gibi de doğal nişastaların kullanıldığı gözlemlenmektedir.

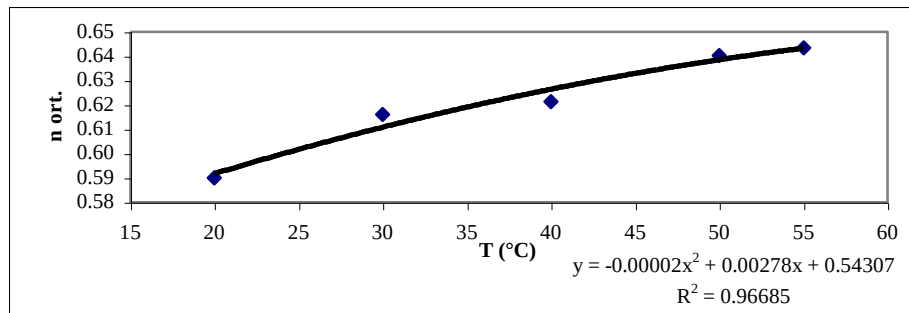
Tüm örneklerin akış davranış tipi psödoplastiktir. Genel olarak sıcaklık arttıķa kayma stresi ve viskozite azalmaktadır. Ancak, I ve G marka ürünlerin 50 C’deki kayma stresi ve viskozite değerleri 55 C’dekine göre daha düşük çıkmıştır. Bu da jelatinleşen molekül sayısının 55 C’de arttığının bir göstergesidir. I ve G marka ürün formülasyonlarına bakıldığında kullanılan modifiye ve patates nişastalarının jelatinizasyon sıcaklığının diğer doğal nişastalara göre daha düşük olduğu g r lmektedir. L marka ürünün formülasyonunda hiç nişasta kullanılmadığı gözlemlenmiştir, bu da viskozitesinin diğerlerine göre düşük çıkmasına sebep gösterilebilir.

Yapılan duyusal analiz sonucunda Tablo A.5-A.7'den de görüleceği gibi, %5 güven aralığında F marka örnek kıvam, lezzet ve tüm izlenim açısından diğerlerine tercih edilmektedir. Lezzet ve tüm izlenim açısından K ve G marka örneklerin tercihinde %5 güven aralığında farklılık olmadığı belirlenmiştir. F marka ürün tadı dondurmaya andırdığı, salep ve süt tadını koruduğu için ve lezzet ve kıvam açısından ideal bulunduğu için tercih edilmiştir. Tarçın ilavesiyle daha hoş olabileceği belirtilmiştir. L markalı ürün için kıvamın çok düşük, tadın yapay ve salebi andırmadığı, rengin saydam gibi olması cezbediciliği önlediği söylenmiştir. J ve G marka ürünlerin kıvamı yüksek, K marka ürünün ise düşük bulunmuştur. Sonuçların reolojik ölçümlerle uyum içinde olduğu gözlenmiştir.

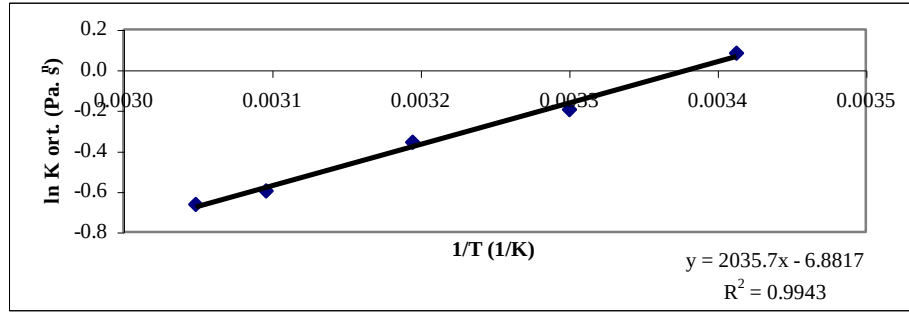
F marka salep ieeğinin kıvam ve akış davranış indeksinin sıcaklık ile değişimi şekil 6.22. ve şekil 6.23.'te, kıvam indeksi için Arrhenius grafiği ise şekil 6.24.' te verilmiştir.



şekil 6.22. F marka salep ieeğinin kıvam indeksinin sıcaklık ile değişimi



şekil 6.23. F marka salep ieeğinin akış davranış indeksinin sıcaklık ile değişimi



Şekil 6.24. F marka salep ieinin kıvam indeksi için Arrhenius grafiği

F marka ürünün reolojik karakterizasyonun örneğin reolojik özelliklerini iyi temsil ettiği görülmüştür. Model denklem aŗaėıda verilmiŗtir.

$$\eta = (1.03 \times 10^{-3}) \times e^{\frac{203570}{T(K)}} \times \gamma^{[-0.4569 + 0.0028T(^{\circ}C) - 0.00002T^2(^{\circ}C)]} \quad (6.3.)$$

Duyusal analizler sonucu tercih edilen  farklı gruba ait A, C ve F marka salep içecekleri kendi aralarında reolojik özellikleri bakımından karŗılaŗtırılacak olursa, kayma stresi ve viskozite değerleri azalan sırayla F (Instant (pratik) toz salep ieği), C (Piŗirilerek hazırlanan toz salep ieği) ve A (UHT sıvı salep ieği) markaları olmuŗtur.

“Milk shake”, sütlü pudingler, çikolatalı süt vb. ksantan gam bazlı stabilizör karıŗımları kullanılır. Salep ieği formülasyonlarında da bulunan ksantan gam ve galaktomannanlar dŗk konsantrasyonlarda rekombine UHT ve pastörize sütlerde istenilen reolojik özellikleri sağlamada sinerjistik etki gösterirler (Kisselburgh, 1982).

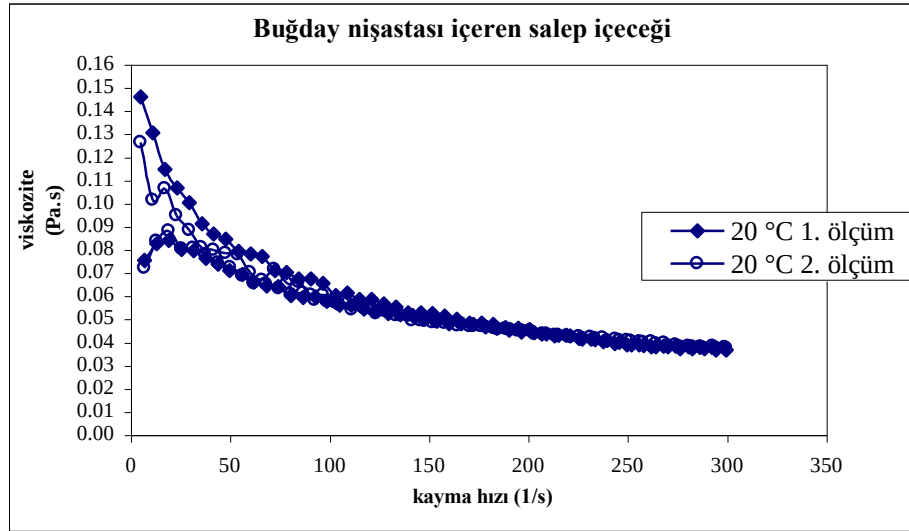
Christianson ve diğ. (1981), yaptıkları bir alıŗmada amilograf ve viskometre kullanarak guar gam, ksantan gam ve karboksi metilselüloz gamlarının buğday niŗastasının lapasının ilk viskozite değerine ulaŗmayı hızlandırđını, son viskozitesini önemli ölçüde arttırdığını belirtmiŗlerdir. Niŗasta-guar gamı ve niŗasta-ksantan gamından izole edilen ortamın sinerjistik viskozite gösterdiği, oda sıcaklığında sabit kaldığı ifade edilmiŗtir. Viskozite kararlılığı göstermektedir ki, lapalaŗma sırasında gamlar ile niŗasta (amiloz) arasında güçlü bir bağ oluŗmaktadır.

6.3. Doğal Nişastaların Salep İçeceğinin Reolojik Özelliklerine Etkisi

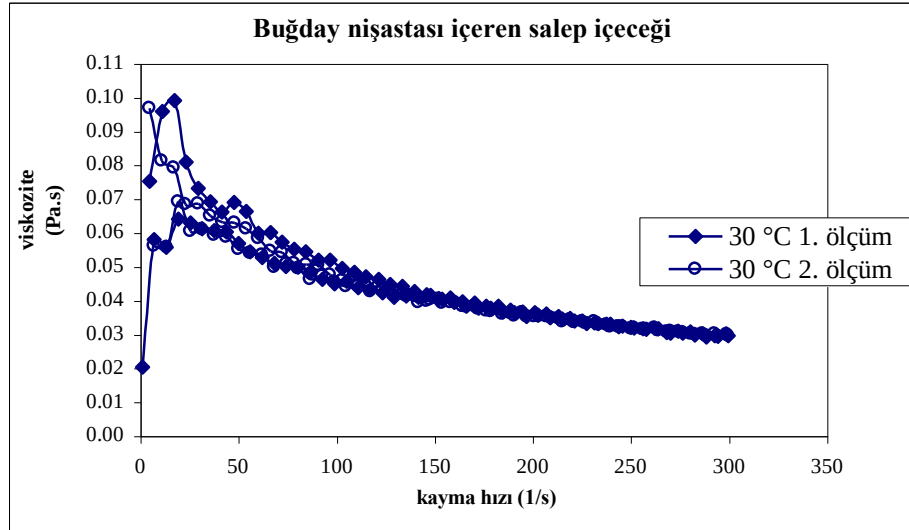
Süt ürünlerinde nişastanın kullanımı viskoziteyi, dokuyu geliştirir ve dayanıklılığı artırır. Süt ürünlerinde özellikle doğal nişastalar süt tozuna ekonomik açıdan iyi bir alternatiftir (Croghan, 1997).

6.3.1. Buğday nişastasının etkisi

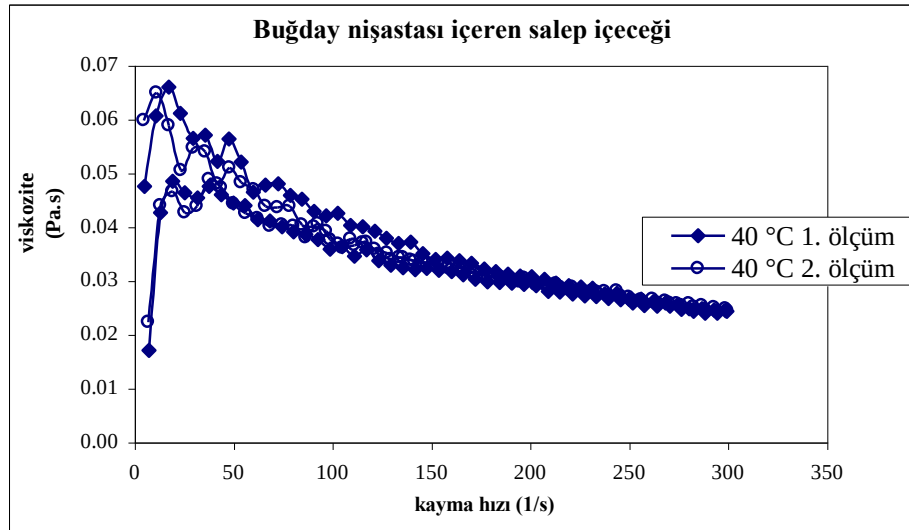
Buğday nişastası içeren salep içeceğinin 20, 30, 40, 50 ve 55°C'deki viskozite eğrileri Şekil 6.25., Şekil 6.26., Şekil 6.27., Şekil 6.28. ve Şekil 6.29.'da verilmiştir.



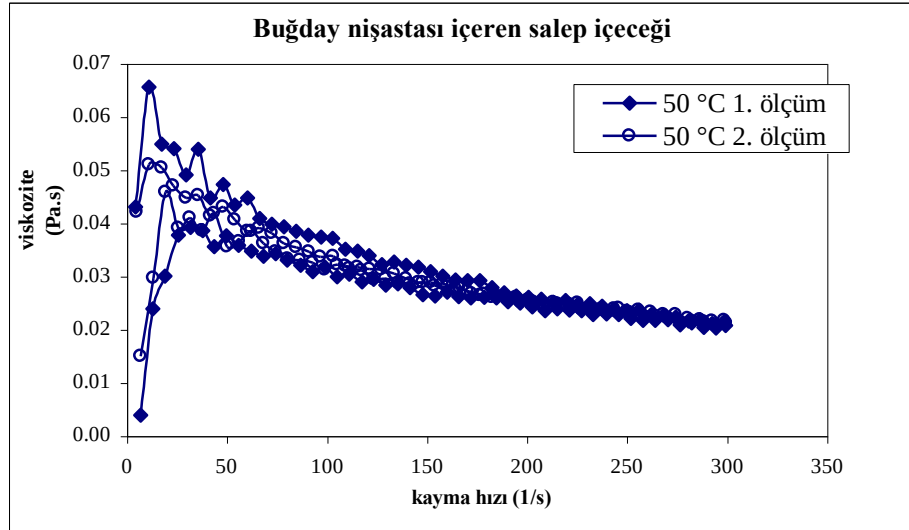
Şekil 6.25. Buğday nişastası içeren salep içeceğinin 20°C'deki viskozite eğrisi



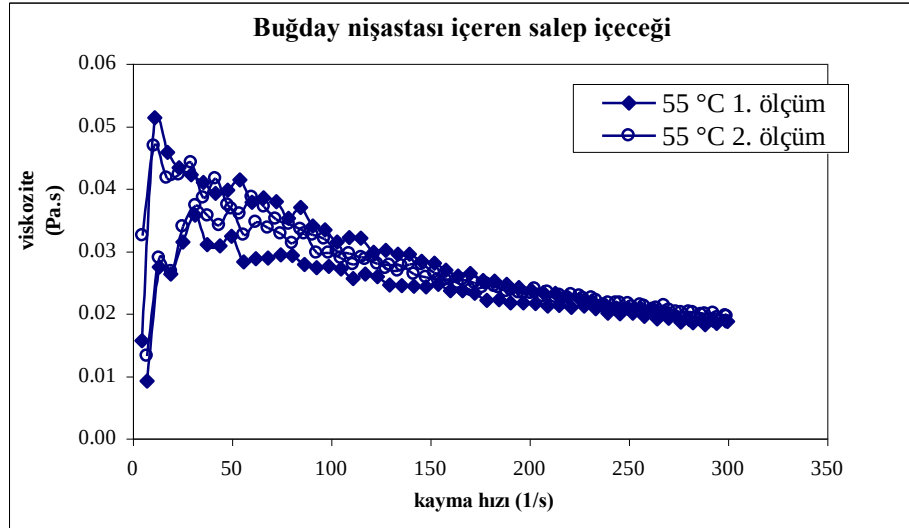
Şekil 6.26. Buğday nişastası içeren salep içeceğinin 30°C’deki viskozite eğrisi



Şekil 6.27. Buğday nişastası içeren salep içeceğinin 40°C’deki viskozite eğrisi



Şekil 6.28. Buğday nişastası içeren salep içeceğinin 50°C’deki viskozite eğrisi

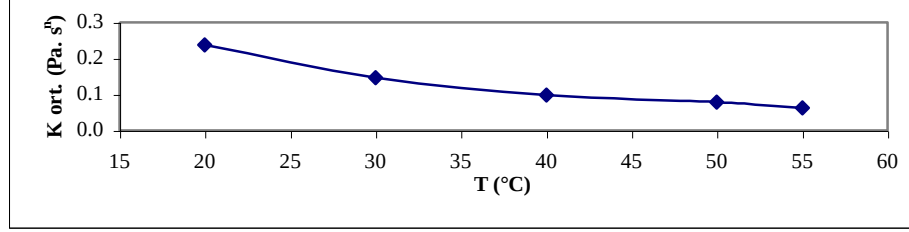


Şekil 6.29. Buğday nişastası içeren salep içeceğinin 55°C’deki viskozite eğrisi

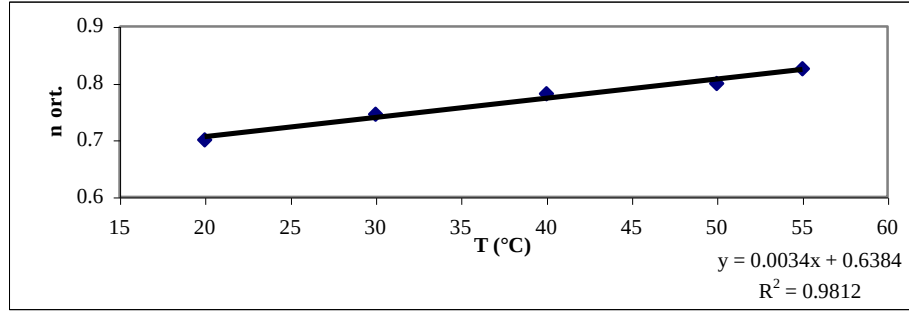
Buğday nişastası ile hazırlanan salep içeceği formülasyonunun viskozite eğrileri incelendiğinde 1. ölçümler için düşük kayma hızlarında histeresizin gözlendiği, yüksek kayma hızlarında ve 2. ölçümlerde ise histeresizin ortadan kalktığı gözlenmiştir. Sıcaklığın artmasıyla 1. ölçümlerdeki histeresiz açıklığı da artmaktadır. Akış davranış tipi psödoplastik olup, reolojik modelin örneğin reolojik özelliklerini özellikle düşük sıcaklıklarda iyi temsil ettiği gözlenmiştir.

$$\eta = (1.44 \times 10^{-6}) \times e^{\frac{350520}{T(K)}} \times \gamma^{-0.3616+0.0034T(^{\circ}C)} \quad (6.4.)$$

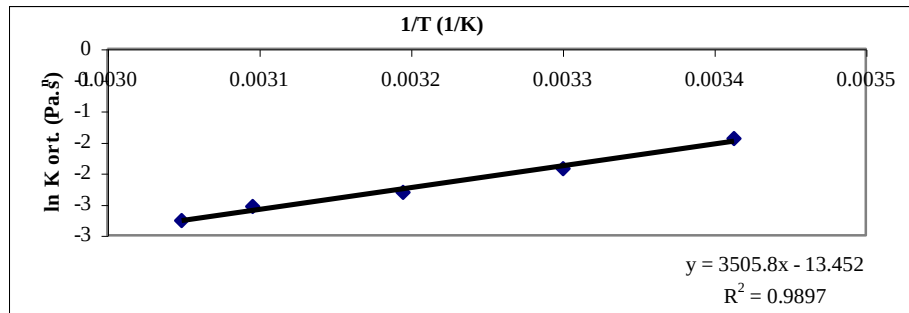
Buğday nişastası içeren salep içeceğinin kıvam ve akış davranış indeksinin sıcaklık ile değişimi Şekil 6.30. ve Şekil 6.31.'de, kıvam indeksi için Arrhenius grafiği ise 6.32.'de verilmiştir.



Şekil 6.30. Buğday nişastası içeren salep içeceğinin kıvam indeksinin sıcaklık ile değişimi



Şekil 6.31. Buğday nişastası içeren salep içeceğinin akış davranış indeksinin sıcaklık ile değişimi



Şekil 6.32. Buğday nişastası içeren salep içeceğinin kıvam indeksi için Arrhenius grafiği

Abu-Jdayil ve diğ. (2001) yaptıkları çalışmada, buğday nişastası süspansiyonun viskozitesi üzerine depolama süresi ve glikozun etkilerini araştırmışlardır. %5'lik nişasta ve %0-6 konsantrasyonunda glikoz kullanılarak 80°C'de (0-30 dak., sabit sıcaklıkta tutma süresi) örnekler hazırlanmıştır. 8 °C'de 1, 2, 3, 4 gün sonunda 25°C'de görünen viskozite, kayma hızı ve süresinin bir fonksiyonu olarak ifade edilmiştir. Akış ve zamana bağlı reolojik veriler "Herschel-Bulkley ve Weltman" modelleri kullanılarak modellenmiştir.

Glikoz yokluğunda ya da düşük glikoz konsantrasyonunda sabit sıcaklıkta tutma süresinde Bingham plastik davranış gösterdiği belirtilmiştir. Glikoz konsantrasyonu artırıldığında ve sabit sıcaklıkta tutma süresinde psödoplastik davranış gösterdiği belirtilmiştir. Sabit glikoz konsantrasyonunda, sıcaklıkta tutma süresi artırıldığında, kayma stresinde ve kıvam katsayısında artış gözlemlenmiştir. Glikoz yokluğunda depolama süresi arttırılırsa, reolojik davranış Bingham davranıştan psödoplastik davranışa değişmiştir.

Marcotte ve diğ. (2001) yaptıkları bir çalışmada 4 hidrokolloid çözelti (pektin, nişasta, ksantan ve karagenan)'nin %1 tuz varlığında akış davranışı, sıcaklığın ve konsantrasyonun üslü yasa parametreleri (K ve n) ve görünen viskozite üzerine etkileri incelenmiştir. 4 farklı sıcaklıkta (20, 40, 60 ve 80°C) ve 3 farklı konsantrasyonda rotasyonel viskometre kullanılarak çalışma gerçekleştirilmiştir. Kayma hızı 0-300 s⁻¹ 'e 3 dak. içinde arttırılmış, 10 dakika en yüksek hızda tutulmuş ve 3 dak. içinde lineer olarak düşürülmüştür. Üslü yasa kuralı pektin ve nişastanın akış davranışını karakterize etmek için kullanılmıştır. Ksantan ve karagenan için ise Herschel-Bulkley modeli kullanılmıştır. Reogramlarda kayma stresinde zamanla azalma gözlemlenmiştir. Kıvam katsayısı K ve akış davranış indeksi n sıcaklık ve konsantrasyon değişimlerine hassas olup, konsantrasyon arttıkça K artarken n azalmaktadır.

Crocker'ın (1976) yaptığı çalışmada, %3.5 modifiye buğday nişastası, %7 şeker, renk ve aroma vericiler, %89.3 süt (%3.5 yağ) ile hazırlanan karışım homojenize edilip 92°C'de 30 dakika ısıtılıp 4°C'ye soğutulmuş, 5-8°C'lerde depolanmıştır. Kullanılan modifiye nişastanın dondurma-çözündürme stabilitesi yüksektir. Hazırlanan "custard"ın viskozitesi 2500 ± 500 cp olarak verilmiştir. Söz konusu

viskozite salep ieeğinin viskozite değeriinden yüksek olmakla beraber, “custard” ın pişirme süresinin uzunluğu jel viskozitesinin artmasının sebeplerinden sayılabilir.

Mleko ve Gustaw (2002) yaptıkları bir çalışmada, %3 protein, %0.3 kapa-karagenan ve %1-3 nişasta ile hazırlanan sütlü tatlının reolojik özelliklerine protein çeşidinin etkisini araştırmışlardır. Süt proteininin viskozite artışı üzerine etkisi peynir altı suyu proteininden düşük bulunmuştur. Örnekler psödoplastik ve tiksotropik davranış göstermişlerdir. Yapışkan özelliğinde düşme, jel oluşumunun engellenmesi, asit, ısı dayanıklılığının ve kayma kuvveti toleransının gelişmesi gözlemlenir.

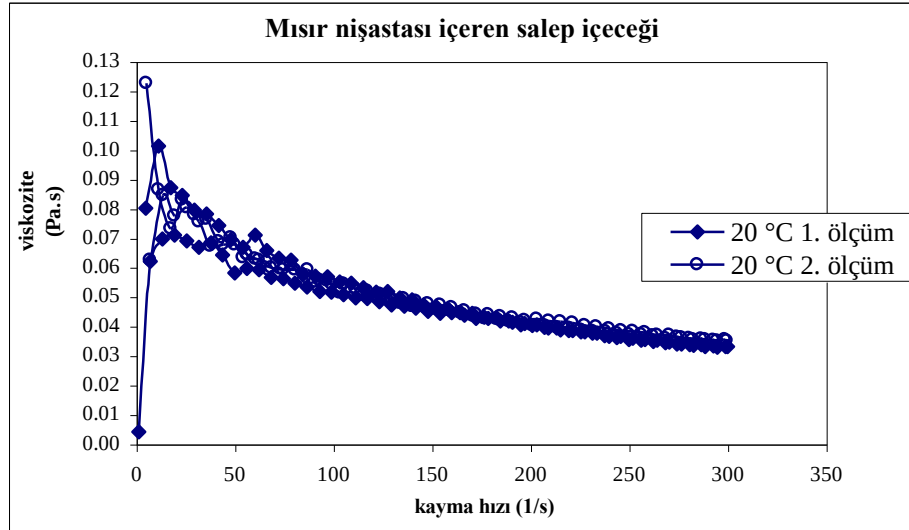
Buğday ve pirinç nişastaları düşük jelatinizasyon enerjisine gereksinim duyarken, patates ve “arrowroot” nişastaları ise yüksek jelatinizasyon enerjisine gereksinim duyar (White ve diğ., 1989).

Okside, dekstrinize ve asitle modifiye edilmiş buğday nişastaları doğal buğday nişastasından daha düşük jelatinizasyon enerjisi fakat daha yüksek jelatinizasyon sıcaklığına sahiptir (Wootton ve Bamunuarachchi, 1979).

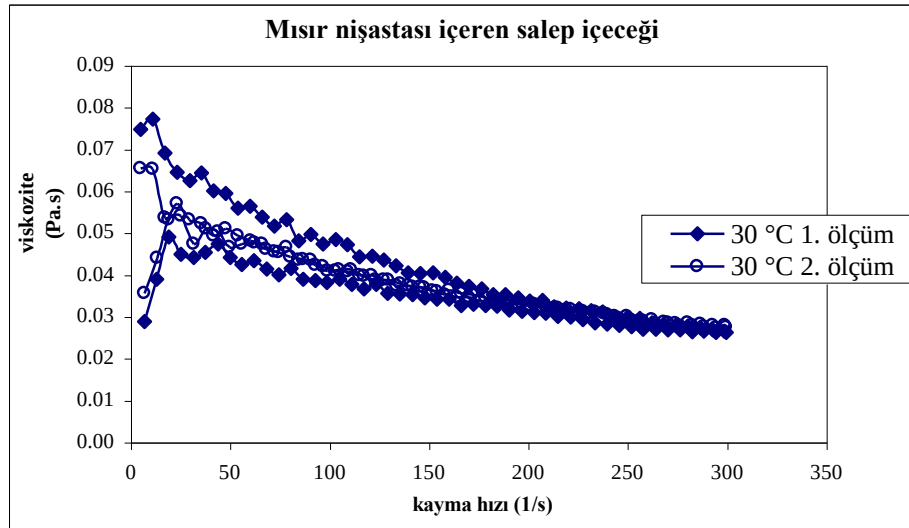
Eliasson (1987) yaptığı bir çalışmada buğday, mısır, patates ve “waxy” arpa nişastalarının jelatinizasyonu sırasında viskoelastik davranışlarını emülsifiye edicilerin varlığında osilasyon etkili kayma kuvvetinde çalışmışlardır. “Waxy” arpa nişastasının amiloz miktarı düşüktür, emülsifiye ediciler jelatinizasyon üzerinde az etkide bulunurlar. Emülsifiye edicilerin etkisini göstermesinde amiloz-lipid kompleksinin oluşumu önemlidir.

6.3.2. Mısır nişastasının etkisi

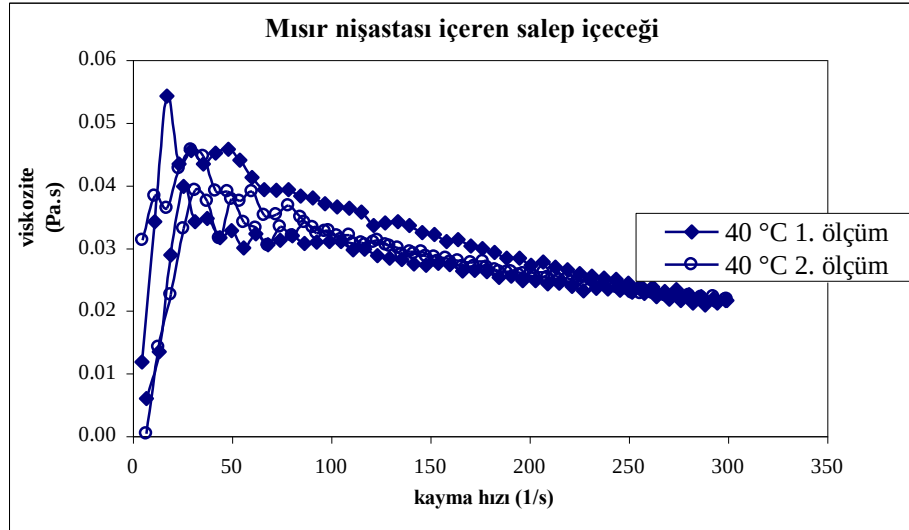
Mısır nişastası içeren salep ieeğinin 20, 30, 40, 50 ve 55°C’deki viskozite eğrileri Şekil 6.33., Şekil 6.34., Şekil 6.35., Şekil 6.36. ve Şekil 6.37.’de verilmiştir.



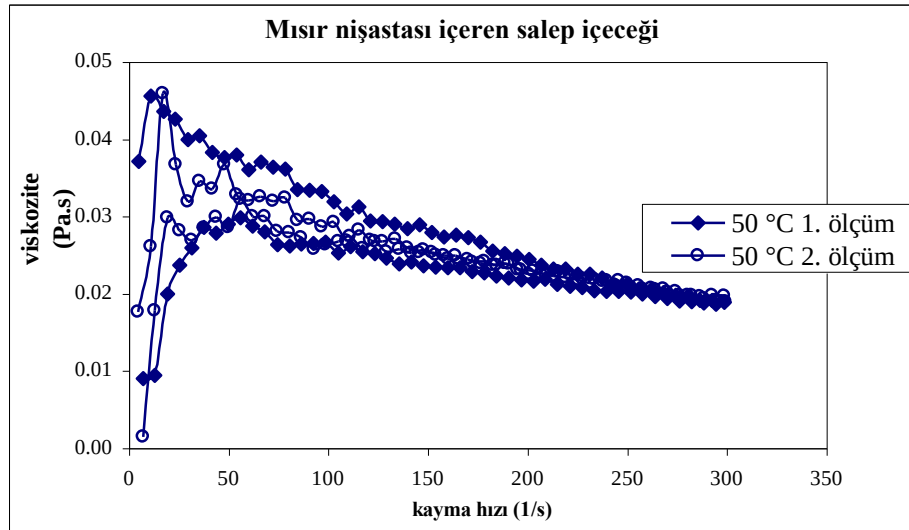
Şekil 6.33. Mısır nişastası içeren salep içeceğinin 20°C'deki viskozite eğrisi



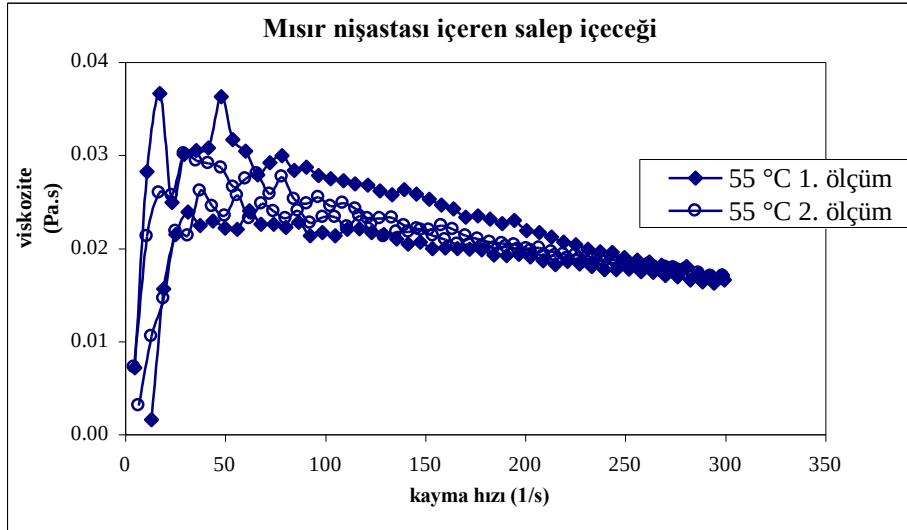
Şekil 6.34. Mısır nişastası içeren salep içeceğinin 30°C'deki viskozite eğrisi



Şekil 6.35. Mısır nişastası içeren salep içeceğinin 40°C'deki viskozite eğrisi



Şekil 6.36. Mısır nişastası içeren salep içeceğinin 50°C'deki viskozite eğrisi

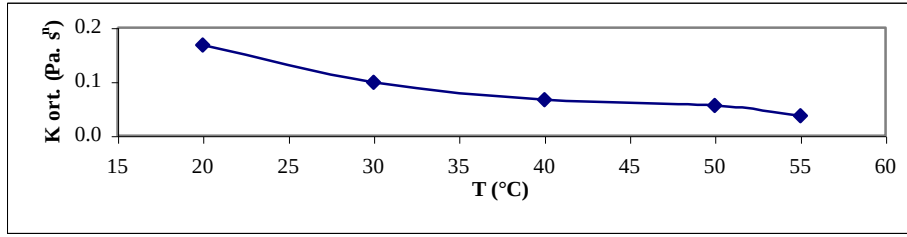


Şekil 6.37. Mısır nişastası içeren salep içeceğinin 55°C'deki viskozite eğrisi

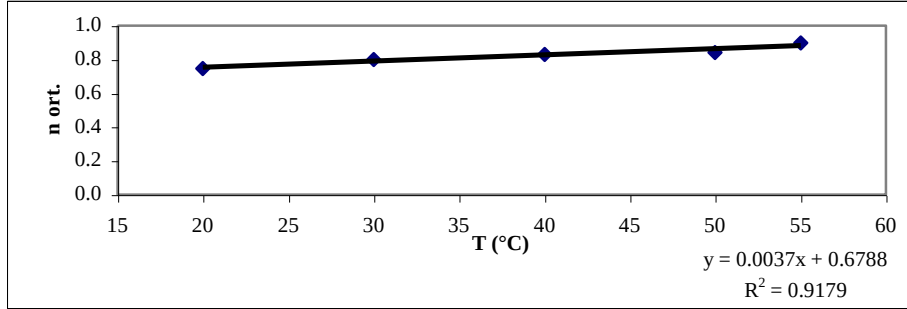
Mısır nişastası ile hazırlanan salep içeceği formülasyonunun viskozite eğrileri incelendiğinde 1. ölçümler için düşük kayma hızlarında histeresizin gözlendiği, yüksek kayma hızlarında ve 2. ölçümlerde ise histeresizin ortadan kalktığı gözlenmiştir. Sıcaklığın artmasıyla 1. ölçümlerdeki histeresiz açıklığı da artmaktadır. Akış davranış tipi düşük sıcaklıklar için psödoplastik olup, düşük kayma hızlarında, yüksek sıcaklıklarda tiksotropik olarak kabul edilmiştir. Reolojik modelin örneğin reolojik özelliklerini özellikle düşük sıcaklıklarda iyi temsil ettiği gözlenmiştir.

$$\eta = (3.6 \times 10^{-7}) \times e^{\frac{38127}{T(K)}} \times \gamma^{[-0.3212 + 0.0037T(^{\circ}C)]} \quad (6.5.)$$

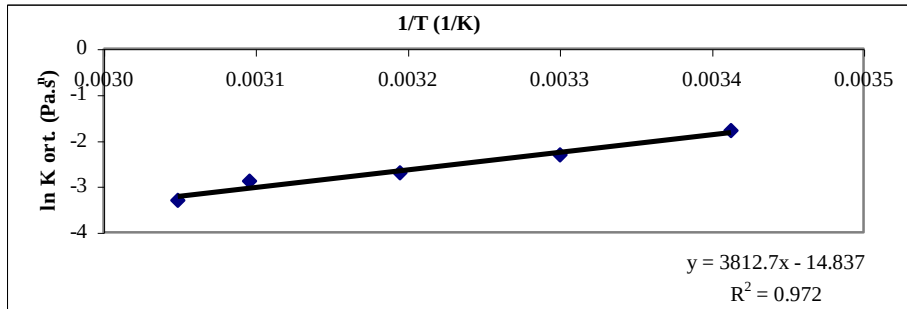
Mısır nişastası içeren salep içeceğinin kıvam ve akış davranış indeksinin sıcaklık ile değişimi Şekil 6.38. ve Şekil 6.39.'da, kıvam indeksi için Arrhenius grafiği ise Şekil 6.40.'da verilmiştir.



Şekil 6.38. Mısır nişastası içeren salep içeceğinin kıvam indeksinin sıcaklık ile değişimi



Şekil 6.39. Mısır nişastası içeren salep içeceğinin akış davranış indeksinin sıcaklık ile değişimi



Şekil 6.40. Mısır nişastası içeren salep içeceğinin kıvam indeksi için Arrhenius grafiği

Zhenmiao ve Raphaelides (1998) yaptıkları bir çalışmada, %7-30 konsantrasyonunda 95°C'de mısır nişasta süspansiyonunun akış özelliklerini bir tüp reometre ile incelemişlerdir. Kayma kuvveti uygulandığında, viskozite zamanla düşmüş, minimum bir değere ulaşmış sonra sabit kalmıştır. 95 ve 75°C'lerde %10-15 konsantrasyonlarındaki mısır nişastası dispersiyonlarının viskozite ölçümleri incelendiğinde aktivasyon enerjilerinin konsantrasyona bağımlı olduğu görülmüştür.

Nişasta dispersiyonlarının gösterdiği akış davranışı şişen granüllerden çok amiloz matriksinin varlığına bağlanmıştır.

Dzuy-Nguyen ve diğ. (1998) yaptıkları çalışmada, jelatinize mısır nişastasının reolojik davranışını amiloz/amilopektin içeriğinin, nişasta konsantrasyonunun, sıcaklık ve akış koşullarının bir fonksiyonu olarak incelemişlerdir. Örnekler normal ve “waxy” mısır nişastası kullanılarak hazırlanmıştır. Amiloz:amilopektin oranları sırasıyla 30:70 ve 0:100’dr. Geçiş akış özelliklerine göre örnekler tiksotropik ve psödoplastik olarak karakterize edilmişlerdir. Geçen zamanla ve artan kayma hızıyla viskozite azalmaktadır. Aynı nişasta konsantrasyonu ve sıcaklık değerlerinde iki tip nişasta da aynı reolojik davranışı göstermektedir. Oysaki normal mısır nişastası jel formunda başlangıçta “waxy” nişastadan daha viskoz, fakat daha kolay, hızlı parçalanan niteliktedir. Bu farklılık granüllerin farklı şişme karakteristiğinde olmasından ve soğuyunca farklı jel yapısı oluşturmasından kaynaklanmaktadır. Denge halinde nişastanın psödoplastik davranışı üslü yasa kuralı ile açıklanabilir diye ifade edilmiştir. Sonuçlar deneysel çalışmamız ile uyum içinde bulunmuştur.

Abubakar ve diğ. (1997) yaptıkları çalışmada, fermente mısır, darı, “sorghum” un nişasta içerikli ekstraktının kaynatılması ile elde edilen hububat ürünü “akamu” kullanılmıştır. %0-40 soya fasulyesi ilavesinin ürünün reolojik özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Viskozite, 10, 30, 40, 50 ve 70°C’de, 4 rotasyonel hızda (10, 20, 50 ve 100 rpm) viskometre kullanılarak ölçülmüştür. Viskozite-hız verileri deneysel üslü yasa denkliği kullanılarak analizlenmiştir. Deney sonuçlarına göre viskozite , soya fasulyesi konsantrasyonu, sıcaklık ve mısır çeşidinden bağımsız olarak dönüş hızıyla düşmektedir. Mısır eşidi ve soya fasulyesi ile zenginleştirme psödoplastik reolojik davranış sınıfını değiştirmemiş, eksponansiyel denklik kıvam indeksi, sıcaklık ve fortifikasyon arasındaki ilişkiyi ifadede kullanılmıştır.

Dolz ve diğ. (1994) yaptıkları bir çalışmada, sıcaklık karıştırma süresi ve kayma hızı gibi fiziksel faktörlerin mısır nişastası (%0-3) ve mikrokristal selüloz-sodyum karboksi metil selüloz (%2.5) içerikli hidrojellerin reolojik özelliklerine etkisini incelemişlerdir. Nişasta konsantrasyonunun arttırılması jel viskozitesini arttırmış ancak psdoplastikliğini değiştirmemiştir. Tiksotropik alan düşük sıcaklıklarda

kariştırma zamanının arttırılmasıyla artmış, yüksek sıcaklıklarda kısa kariştırma zamanından sonra elimine edilmiştir.

Hoover ve diğ. (1995) yaptıkları bir çalışmada, ısı-nem uygulamasının (%30 nem, 100°C, 16 saat) ve yumuşatma işleminin (%75 nem, 50°C, 7 saat) %6 jelatinize mısır, yulaf, patates ve mercimek nişastasının sabit pH ve T’de akış davranışı üzerine etkilerini koni ve plakalı viskometre kullanılarak incelemişlerdir. Akış davranışında değişiklik, ısı-nem uygulamasında yumuşatma işlemine göre daha fazladır. Tüm doğal nişastalar psödoplastik davranış göstermiştir. Yulaf ve patates nişastalarında tiksotropik histeresiz gözlemlenmiştir. Her iki işlem patates, mercimek ve buğday nişastalarında psödoplastik akış davranış indeksini arttırırken, yulaf için dşrmştir. Isı-nem uygulaması hepsinde kıvam indeksini düşürmüş, yumuşatma işlemi ise patates ve yulaf nişastasında kıvam indeksini yükseltmiştir.

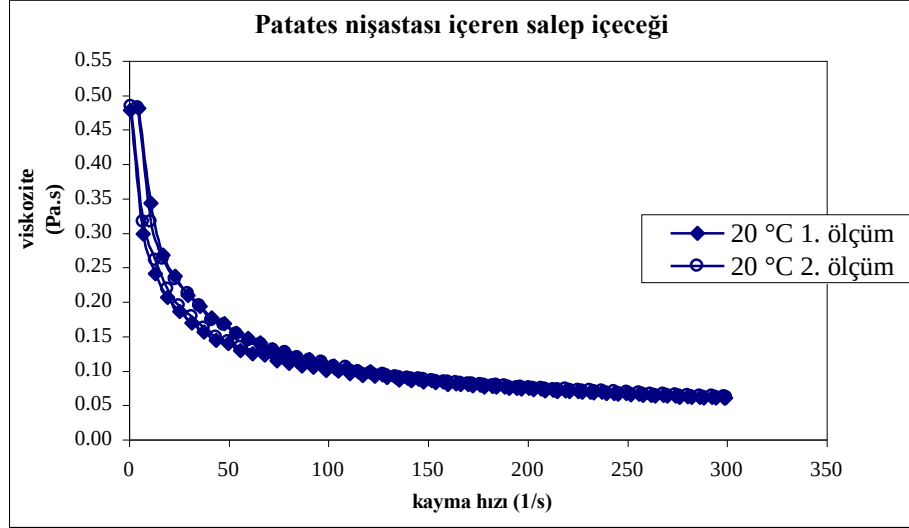
Doublier ve diğ. (1987) yaptıkları çalışmada, yulaf nişastası kontrollü lapa oluşturma işlemine tabi tutulmuş ve fizyokimyasal ve reolojik özellikleri gözlemlenmiştir. Kayma stresi-kayma hızı akış eğrilerinden tiksotropik davranış gösterdiği grlmştir. Yulaf nişastası için daha fazla şişme gücü ve çözünürlük değerleri dağılan fazın hacim fraksiyonunu arttırırken sürekli fazın içinde çözünenlerin konsantrasyonunu da yükseltmiştir. Amiloz ve amilopektin umulmayan biçimde yulaf nişastası granüllerinden sız mış, bu nedenle yulaf jel ve lapası daha yarı şeffaf ve daha az retrograde olmaya yatkındırlar denilmiştir.

Grlmektedir ki, nişasta dispersiyonunun reolojik davranışı, dispersiyondaki taneciklerin durumundan ve hacim fraksiyonundan etkilenmektedir (Rao, 1999).

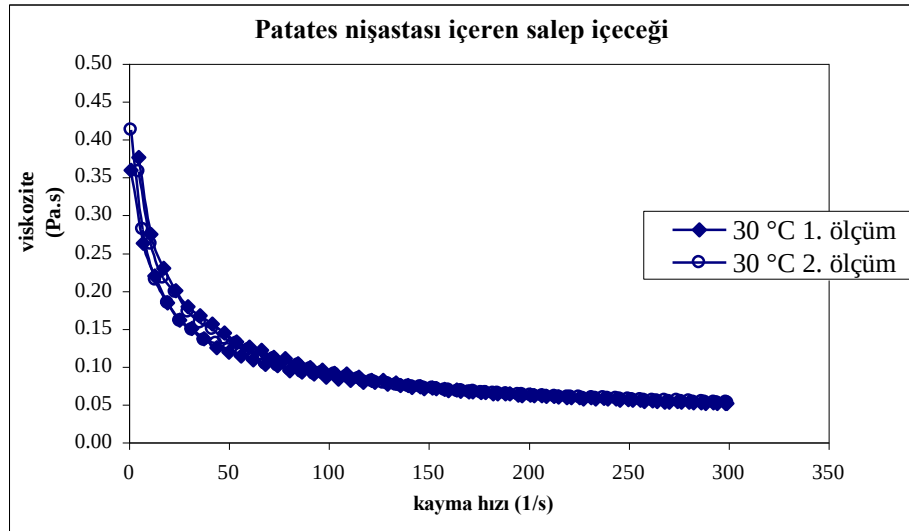
Nişasta jelatinizasyonu üzerine yapılmış pek çok çalışma göstermiştir ki, buğday, mısır, “waxy” mısır, ve çapraz bağlanmış “waxy” mısır nişastaları jelatinizasyonun başlangıç aşamalarında dilatant davranış göstermiştir. Düşük nişasta konsantrasyonlarında, jelatinize nişasta lapaları psödoplastik davranış göstermiştir. Çalışmamızın sonuçları literatür bilgileriyle uyumludur. Düşük sıcaklıklarda (25°C) jelatinize mısır nişastaları hafif bir tiksotropiklik eğilimindedir (Rao, 1999).

6.3.3. Patates nişastasının etkisi

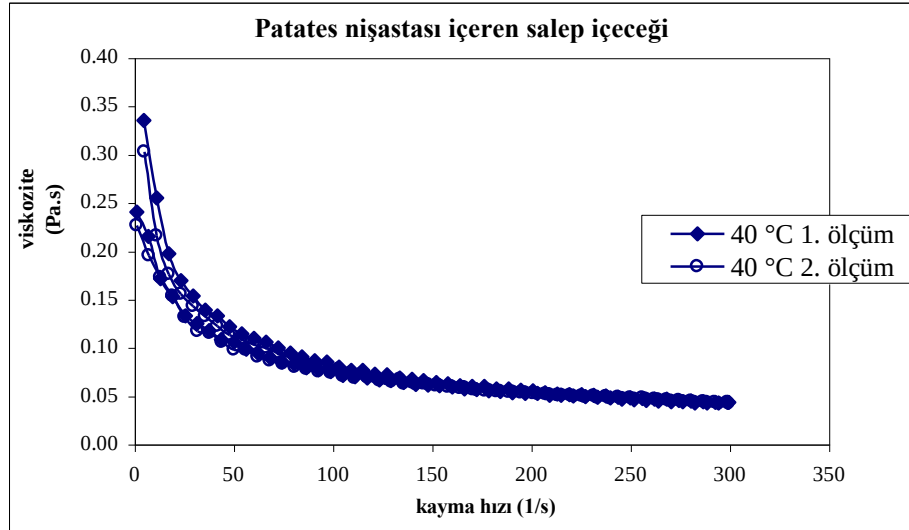
Patates nişastası içeren salep ieeğinin 20, 30, 40, 50 ve 55°C’deki viskozite eğrileri Şekil 6.41., Şekil 6.42., Şekil 6.43., Şekil 6.44. ve Şekil 6.45.’te verilmiştir.



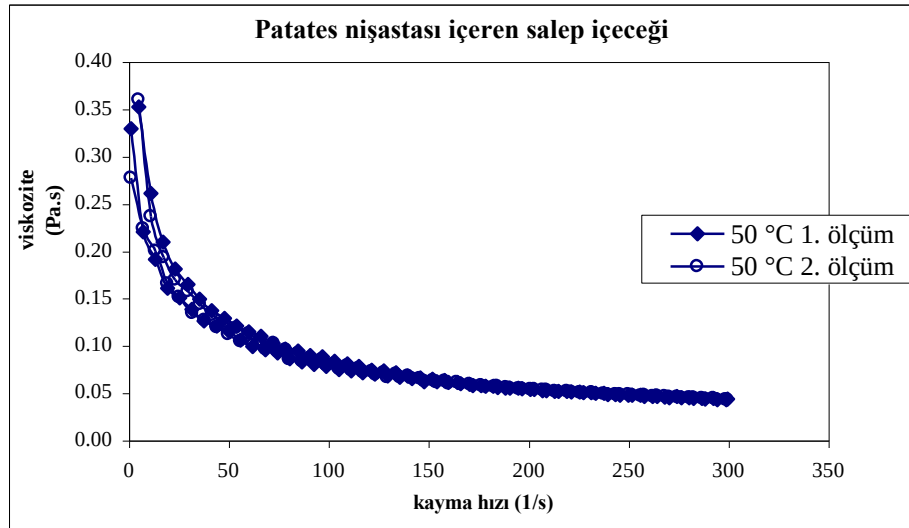
Şekil 6.41. Patates nişastası içeren salep ieeğinin 20°C’deki viskozite eğrisi



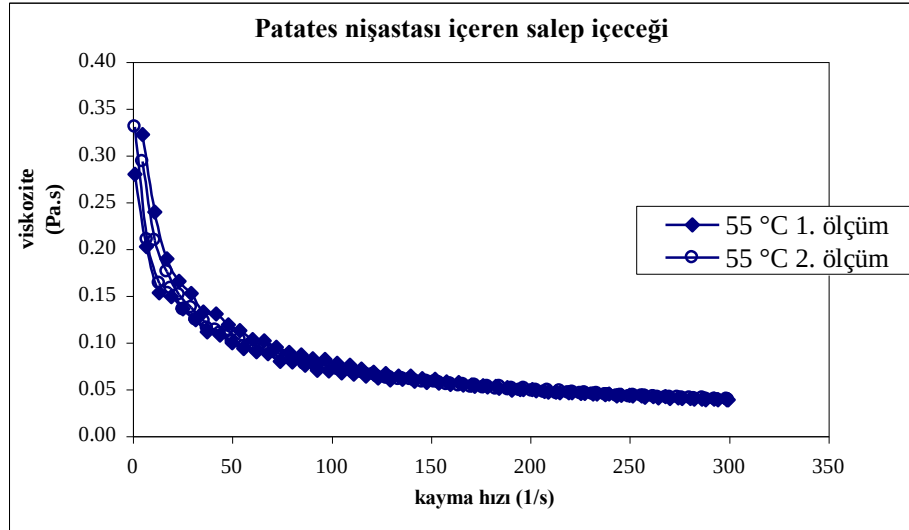
Şekil 6.42. Patates nişastası içeren salep ieeğinin 30°C’deki viskozite eğrisi



Şekil 6.43. Patates nişastası içeren salep içeceğinin 40°C’deki viskozite eğrisi



Şekil 6.44. Patates nişastası içeren salep içeceğinin 50°C’deki viskozite eğrisi

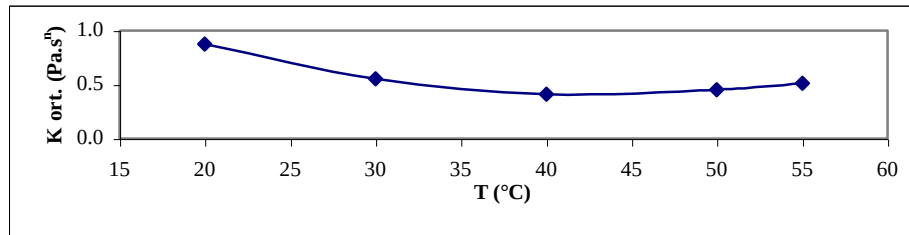


Şekil 6.45. Patates nişastası içeren salep içeceğinin 55°C'deki viskozite eğrisi

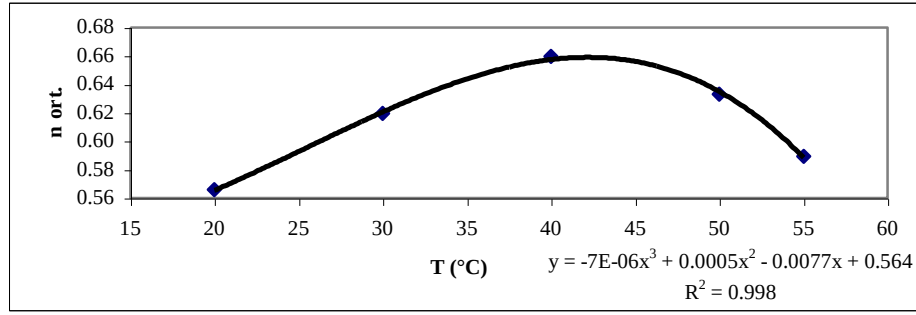
Patates nişastası ile hazırlanan formülasyonun akış davranış tipi psödoplastiktir. Reolojik modelin örneğin reolojik özelliklerini özellikle düşük sıcaklıklarda iyi temsil ettiği gözlenmiştir. Arrhenius denkliği sıcaklığın viskozite üzerine etkisini iyi temsil etmemiştir. Model denklem aşağıda verilmiştir. Genel olarak sıcaklık arttıkça kayma stresi ve viskozite azalmaktadır.

$$\eta = (4.40 \times 10^{-3}) \times e^{\frac{149820}{T(K)}} \times \gamma^{[-0.436 - 0.0077T(^{\circ}C) + 0.0005T^2(^{\circ}C) - 7.10^{-6}T^3(^{\circ}C)]} \quad (6.6.)$$

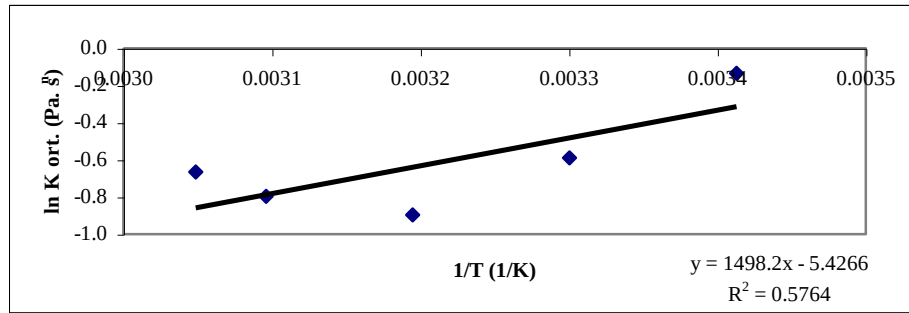
Patates nişastası içeren salep içeceğinin kıvam ve akış davranış indeksinin sıcaklık ile değişimi Şekil 6.46. ve Şekil 6.47.'de, kıvam indeksi için Arrhenius grafiği ise Şekil 6.48.'de verilmiştir.



Şekil 6.46. Patates nişastası içeren salep içeceğinin kıvam indeksinin sıcaklık ile değişimi



Şekil 6.47. Patates nişastası içeren salep içeceğinin akış davranış indeksinin sıcaklık ile değişimi



Şekil 6.48. Patates nişastası içeren salep içeceğinin kıvam indeksi için Arrhenius grafiği

Kayma stresi ve viskozite değerleri tüm doğal nişastalar gözönüne alındığında azalan sırayla patates, buğday ve mısır nişastalı salep içeceği formülasyonu şeklindedir. F marka ürünün reolojik özelliklerine en yakın formülasyon patates nişastalı formülasyon olup, ideal ürünün kayma stresi ve viskozite değerlerinden düşük verilere sahiptir.

Kim (1993) yaptığı bir çalışmada, hidroksipropile edilmiş patates nişastasının granülleri mikroskopik olarak incelenmiş ve hidroksipropillenmenin merkezi bölgede olduğu belirtilmiştir. Lipid eklenmesinin doğal patates nişastasının reolojik özelliğini “waxy” mısır nişastasıninkinden daha fazla etkilemiştir. Nişasta-yag lapasının ısıtılması amiloz-lipid kompleksini bozmuş, soğutmak ise nişasta-lipid kompleksi oluşturmuştur. Amilopektin ve lipid arasında da ilişki belirtilmiştir.

Nurul ve diğ. (1999) yaptıkları bir çalışmada, 13.61-704 s⁻¹ kayma hızı aralığında 40, 50, 60, 70 ve 80°C’lerde 3.0-5.5 gr “sago” nişastası/100 ml su çözeltisinin reolojik özelliklerini incelemişlerdir. Reolojik davranış üslü yasa ile, sıcaklığın etkisi Arrhenius denkliği ile açıklanmıştır. Nişasta konsantrasyonu ile görünen viskozite

arasındaki ilişki üslü bir model kullanılarak açıklanmıştır. Sıcaklık arttırıldıkça nişasta çözeltisinin kıvam indeksi düşmüş, konsantrasyon arttırıldıkça ise kıvam indeksi de artmıştır. Jelatinize “sago” nişastasının psödoplastik davranışı sıcaklıkla değişmiş, konsantrasyonla değişiklik göstermemiştir. Yüksek aktivasyon enerjileri sıcaklığın viskozite üzerindeki etkisini arttırmaktadır Her bir sıcaklıkta, görünen viskozite, nişasta konsantrasyonu arttıkça artmıştır. Kayma hızı, nişasta konsantrasyonu, sıcaklık “sago” nişastası lapasının reolojik özelliklerini etkilemiştir.

Viskozite eğrilerinden de görüldüğü gibi patates nişastası diğer doğal nişastalara göre daha yüksek viskozite sağlar. Patates nişastasının prejelatinize edilerek “instant” pudinglerde kullanımı, pişirilerek hazırlanan pudinglerin dokusal özelliklerine yakın özellik sağlar (Vries, 1998).

6.4. Modifiye Nişastaların Salep İçeceği Reolojik Özelliklerine Etkisi

Gıda endüstrisinde farklı gıdalarda istenen özelliklere göre farklı nişastalar kullanılması gerekir. Günümüzde bu amaçla farklı doğal nişasta çeşitleri, bu nişastaların kimyasal modifikasyonları ve türevleri ve bunların kombinasyonları arasından seçim yapılabilmektedir. Bu kadar çeşitlilik karşısında üreticinin ekonomik ve doğru seçim yapabilmesi için nişastaların özelliklerini ve ürününde gösterebilecekleri etkiyi bilmelidir (Ova ve Erkek, 2002).

6.4.1. A modifiye nişastasının etkisi

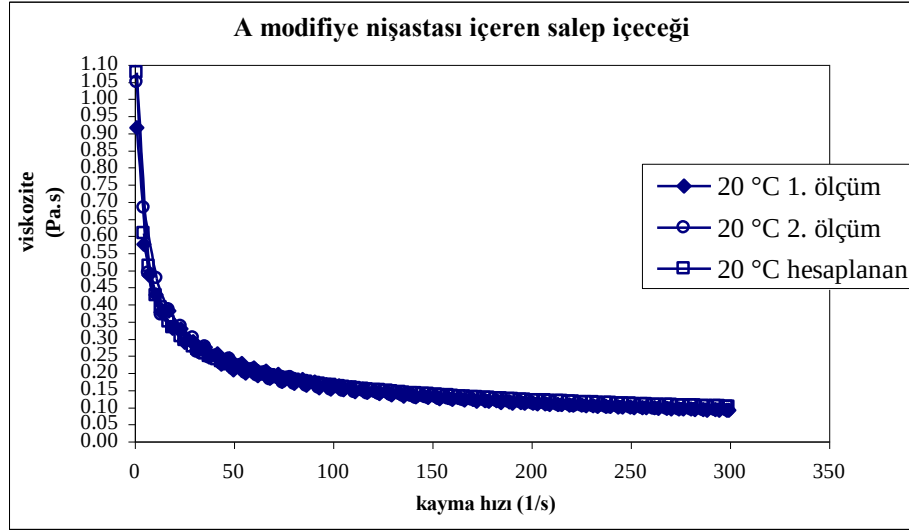
A modifiye nişastası, ön jelatinize, stabilize edilmiş ve çapraz bağlanmış waxy mısır nişastasıdır. E1442 hidroksipropil dinişasta fosfat olarak tanımlanmıştır. Pişirme gerekmeden yüksek viskozite, düzgün kremsi, yapışkan doku sağlar, mükemmel su bağlama yeteneği, yüksek soğukta saklama ve dondurma-çözündürme stabilitesine ve yüksek jel berraklığına sahip olduğu beyan edilmiştir (Anonymous, 2003a; Akgül, 2002).

Genellikle “instant” pudinglerde, “instant custard”larda ve soslarda kullanılmaktadır.

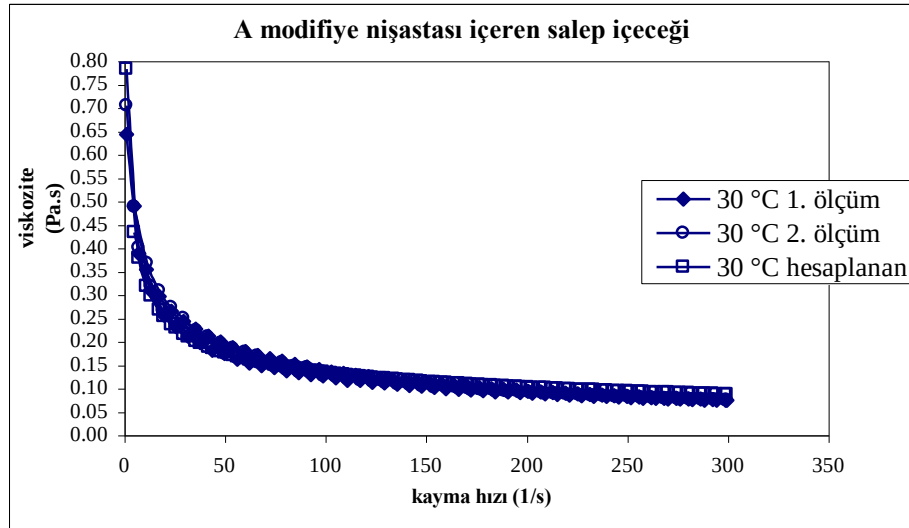
Isıya, aside ve kayma kuvvetine hidroksipropile edilmiş nişastalar esterlendirilmiş nişastalardan daha dayanıklıdır. HP nişastalar UHT sıvı pudingler ya da krema

tatlılarda süt proteiniyle uyum içinde, son ürüne iyi bir doku ve dayanıklılık vermektedirler (Coninck ve diğ. ,1995).

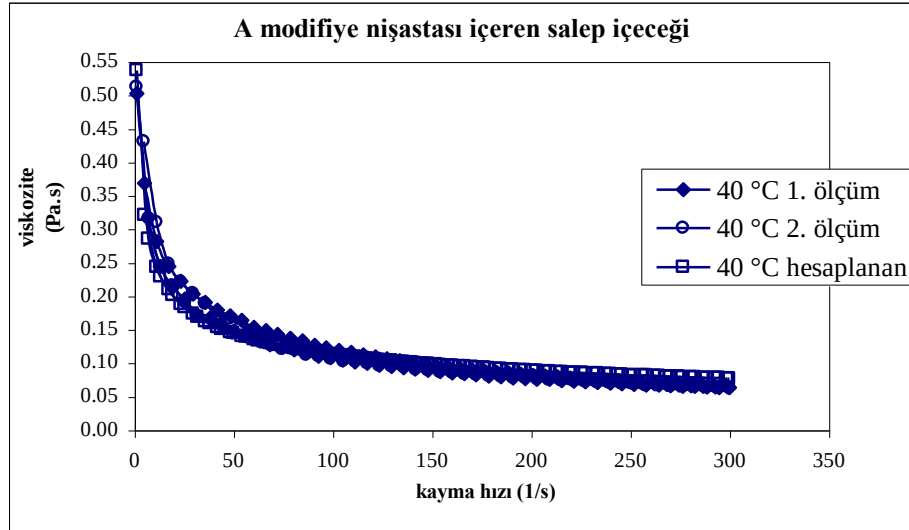
A modifiye nişastası içeren salep ieeğinin 20, 30, 40, 50 ve 55°C’deki hem ölçülen hem de reolojik karakterizasyon denklemiyle elde edilen verilerden viskozite eğrisi Şekil 6.49., Şekil 6.50., Şekil 6.51., Şekil 6.52. ve Şekil 6.53.’te verilmiştir.



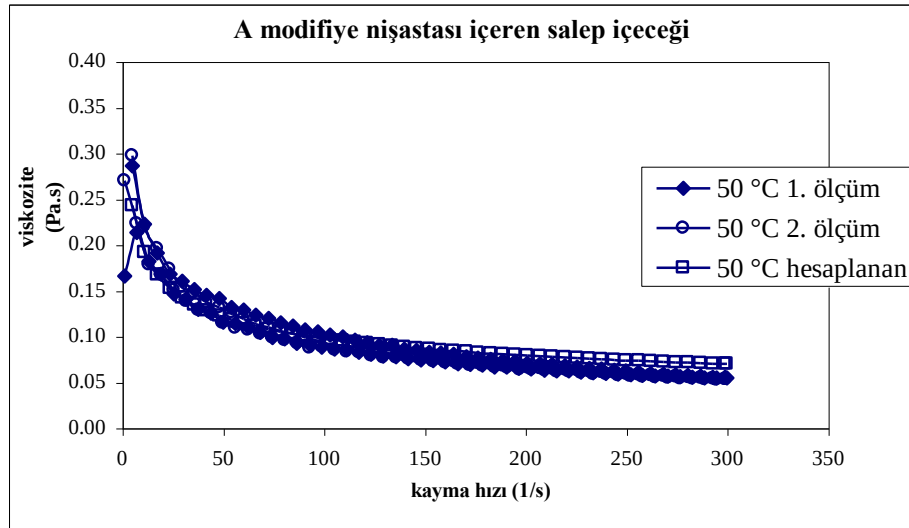
Şekil 6.49. A modifiye nişastası içeren salep ieeğinin 20°C’deki viskozite eğrisi



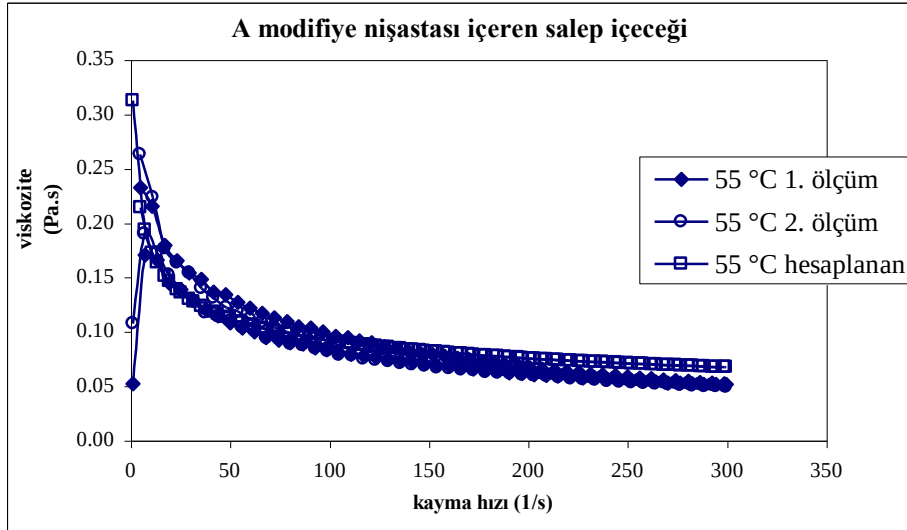
Şekil 6.50. A modifiye nişastası içeren salep ieeğinin 30°C’deki viskozite eğrisi



Şekil 6.51. A modifiye nişastası içeren salep içeceğinin 40°C'deki viskozite eğrisi

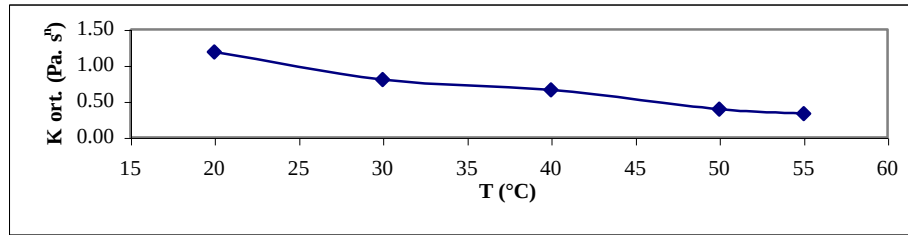


Şekil 6.52. A modifiye nişastası içeren salep içeceğinin 50°C'deki viskozite eğrisi

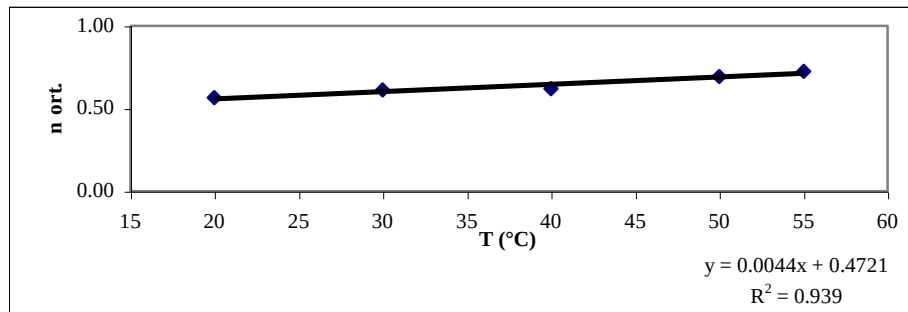


Şekil 6.53. A modifiye nişastası içeren salep içeceğinin 55°C'deki viskozite eğrisi

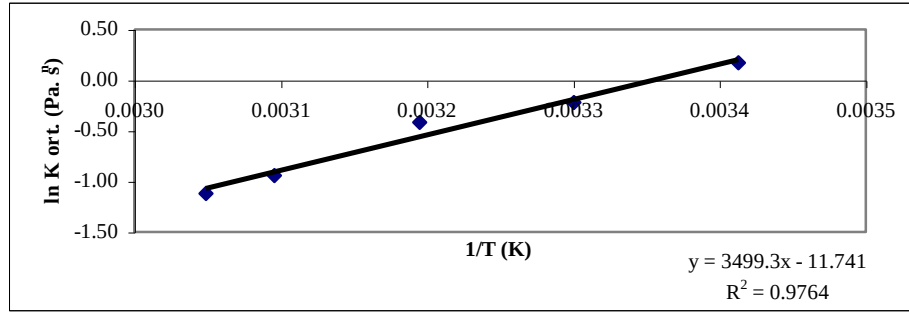
A modifiye nişastası ile hazırlanan formülasyonun akış davranış tipi psödoplastiktir. A modifiye nişastası içeren salep içeceğinin kıvam ve akış davranış indeksinin sıcaklık ile değişimi Şekil 6.54. ve Şekil 6.55.'te, kıvam indeksi için Arrhenius grafiği ise Şekil 6.56.'da verilmiştir.



Şekil 6.54. A modifiye nişastası içeren salep içeceğinin kıvam indeksinin sıcaklık ile değişimi



Şekil 6.55. A modifiye nişastası içeren salep içeceğinin akış davranış indeksinin sıcaklık ile değişimi



Şekil 6.56. A modifiye nişastası içeren salep içeceğinin kıvam indeksi için Arrhenius grafiği

Reolojik modelin örneğin reolojik özelliklerini iyi temsil ettiği gözlenmiştir.

$$\eta = (7.96 \times 10^{-6}) \times e^{\frac{349930}{T(K)}} \times \gamma^{[-0.5279 + 0.0044T(^{\circ}C)]} \quad (6.7.)$$

Asetillendirilmiş, çapraz bağlanmış ve ön jelatinize edilmiş bir modifiye nişasta çeşidi (CPMix-Instant 12660) instant şekerleme kremalarında, yağlı dolgu ürünlerinde, “topping”lerde kullanılabilir. Dondurma ve çözünürlükte çok yüksek stabilite, pişirildiğinde yüksek stabilite, kısa, düzgün doku, yüksek dirençli, kolay ve temiz kesim yapılabilen ürünler oluşturulabilir (Mortier, 2000).

Thebaudin ve diğ. (1998) nişasta, süt proteini, yağ ve tuz içeren soslarda reolojik özelliklerin belirlenmesi amacıyla 75, 85 ve 95°C’lerde jelleştirilmiş mısır nişastasası, çapraz bağlanmış ve asetile edilmiş “waxy” nişasta, buğday ve de “waxy” pirinç nişastalarının nişasta-su sistemi ve sos formülasyonu olarak incelenmiştir. Nişasta-su sisteminin davranışından bir yargıya varmakla beraber sos sisteminde diğer bileşenlerin etkisi reolojik davranışı etkilediği belirtilmiştir. Yaptığımız çalışmada bu sebeple salep içeceğinin reolojik davranışı sadece nişasta gözönüne alınarak yapılmamış, diğer temel bileşenlerle beraber incelenmiştir.

Mısır nişastasası, “cowpea” nişastasası ve çapraz bağlanmış “waxy” mısır nişastasasında ısıtılmış nişastanın granül dağılımı ve boyutunun nişasta dispersiyonlarının reolojik özelliklerine etkisi incelenmiştir. Modifiye “waxy” mısır nişastasası antitiksotropik ve jel davranışı göstermiştir (Rao ve diğ., 1997).

Dokusal özellikleri iyileştirmek için modifiye nişasta kullanılan dondurmalar üzerinde yapılan bir çalışmada normal, light, az yağlı ve yağsız vanilyalı

dondurmalarının dokusal özellikleri objektif ve duyuşal yöntemlerle değerdendirilmiştir. Çalışmada viskozite sertlik, düzgünlük ve ağız kaplama özellikleri değerdendirilmiştir. Viskozite ölçümü objektif olarak reometre ile, sertlik ölçümü ise TA-XT2 doku analizörü kullanılarak yapılmıştır. Cihazlardan alınan viskozite ve sertlik ölçüm sonuçları ile duyuşal değerdendirmeler arasında iyi bir korelasyon bulunmuştur ve modifiye nişastaların özelliklerine göre ve dondurmanın içeriğı ve üretim yöntemi de dikkate alınarak dondurmalarda yağ ikame edici ve dokusal özellikleri iyileştirme amaçlı kullanılabileceğı belirtilmiştir (Ova ve Erkek, 2002).

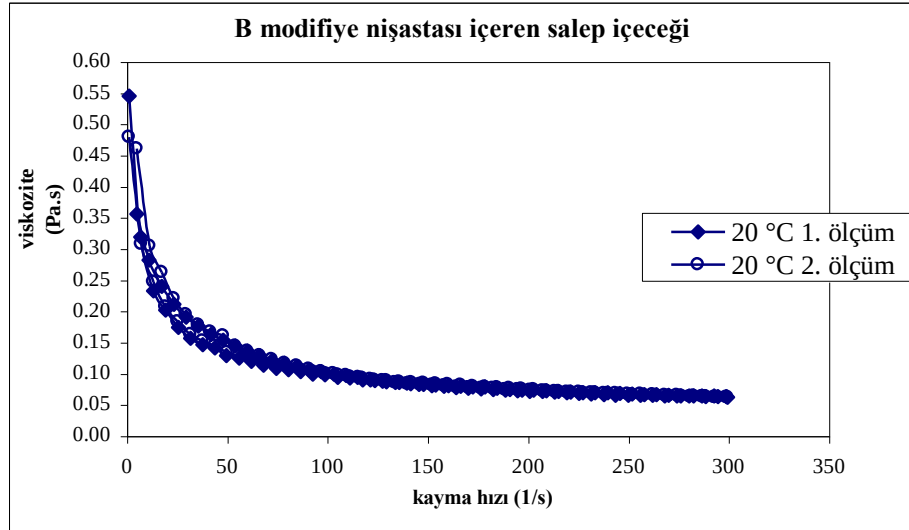
6.4.2. B modifiye nişastasının etkisi

B modifiye nişastası, stabilize edilmiş ve çapraz bağlanmış tapioka nişastasıdır. Eterifiye edilmiş nişastadır. Ürüne kremş doku kazandırma özelliğinde olup çapraz bağlanmış yapısıyla ısı, asit ve kayma kuvvetine direnci yükseltildiğı ifade edilmiştir. Yüksek soğukta saklama ve dondurma-çözündürme stabilitesine, kolay su bağlama ve yüksek jel berraklığına sahip olduğı beyan edilmiştir (Akgöl, 2002; Stockwell, 2002).

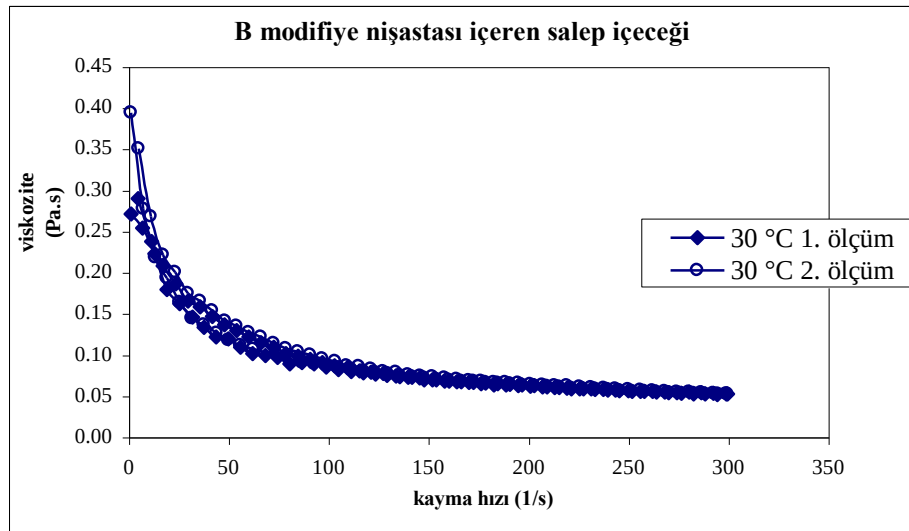
Bu modifikasyon tekniğı ile nişasta granölünün pişmesi için gerekli enerji miktarının azaldığı, jelin stabilitesinin, dondurma-çözündürme stabilitesinin arttığı, berraklığının geliştirildiğı ve viskozitesinin arttığı belirtilmiştir.

Çikolata, çorbalarda, kek dolgularında, yoğurt ve sütlü tatlılarda kullanılmaktadır (Pszczola, 1999).

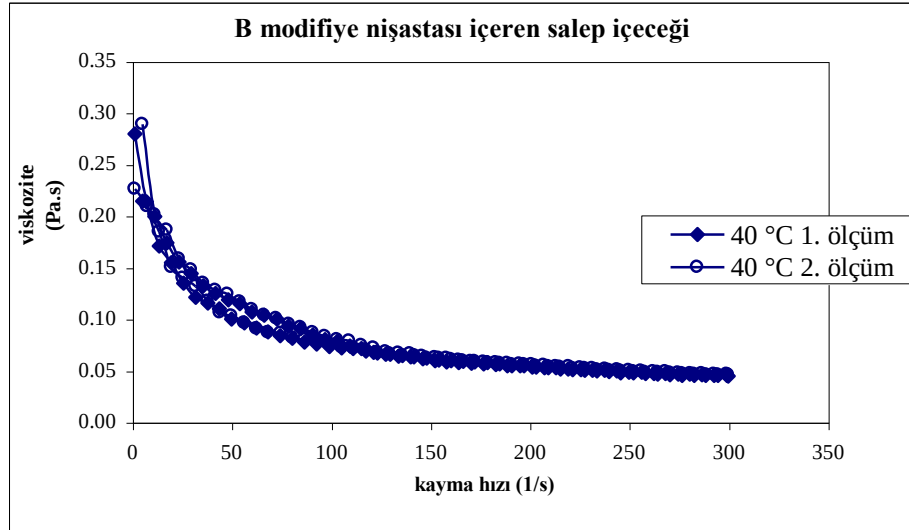
B modifiye nişastası içeren salep içeceğinin 20, 30, 40, 50 ve 55°C'deki viskozite eğrileri Şekil 6.57., Şekil 6.58., Şekil 6.59., Şekil 6.60. ve Şekil 6.61.'de verilmiştir.



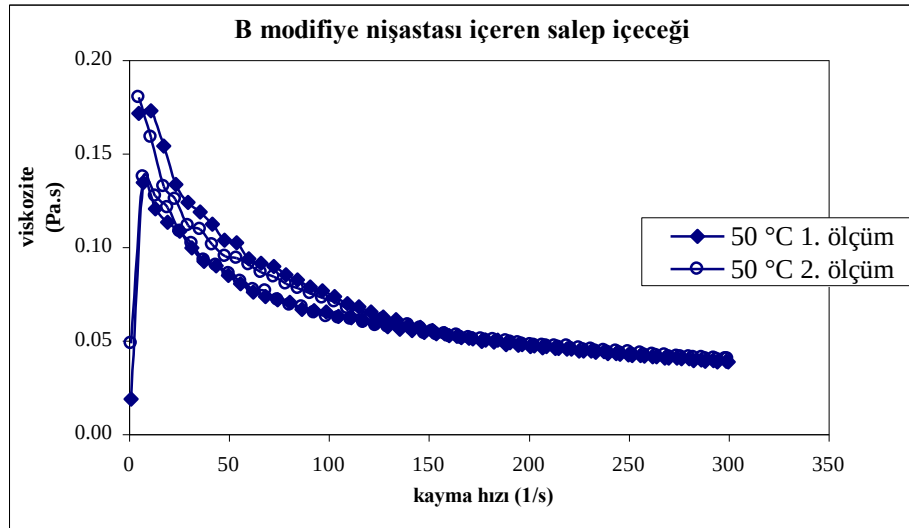
Şekil 6.57. B modifiye nişastası içeren salep içeceğinin 20°C’deki viskozite eğrisi



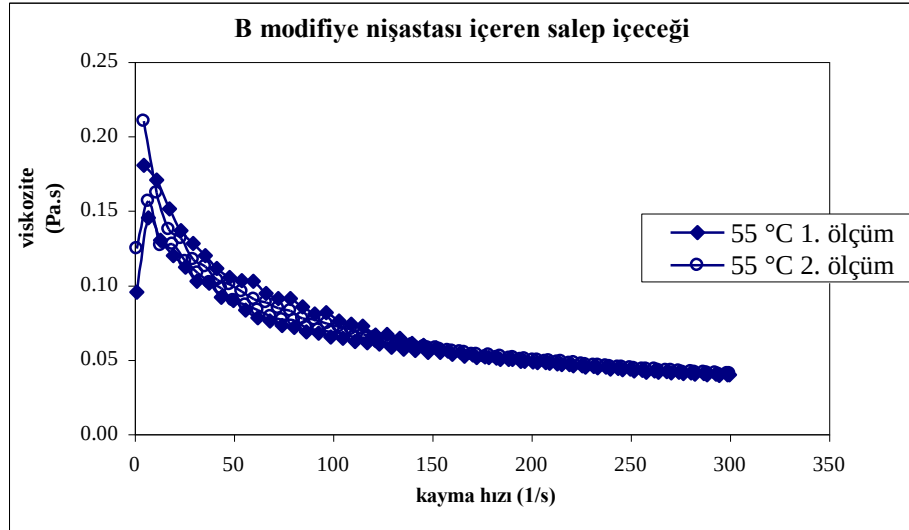
Şekil 6.58. B modifiye nişastası içeren salep içeceğinin 30°C’deki viskozite eğrisi



Şekil 6.59. B modifiye nişastası içeren salep içeceğinin 40°C’deki viskozite eğrisi



Şekil 6.60. B modifiye nişastası içeren salep içeceğinin 50°C’deki viskozite eğrisi

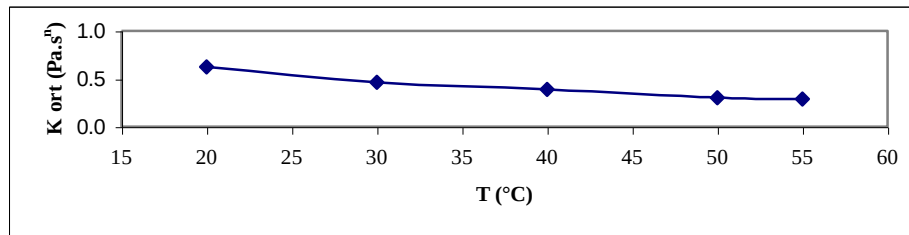


Şekil 6.61. B modifiye nişastası içeren salep içeceğinin 55°C'deki viskozite eğrisi

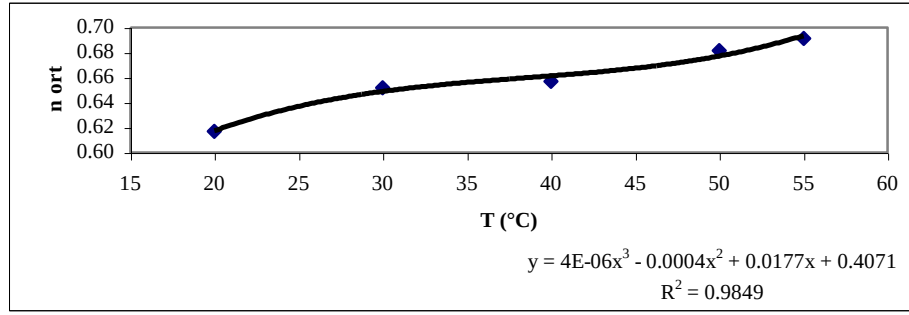
B modifiye nişastası ile hazırlanan formülasyonun akış davranış tipi psödoplastiktir. Düşük kayma hızlarında histeresiz gözlenmektedir. Reolojik modelin örneğin reolojik özelliklerini düşük sıcaklıklarda iyi temsil ettiği gözlenmiştir.

$$\eta = (4.16 \times 10^{-4}) \times e^{\frac{213720}{T(K)}} \times \gamma^{\left[-0.5929 + 0.0177T(^{\circ}C) - 0.0004T^2(^{\circ}C) + 4.10^{-6}T^3(^{\circ}C) \right]} \quad (6.8.)$$

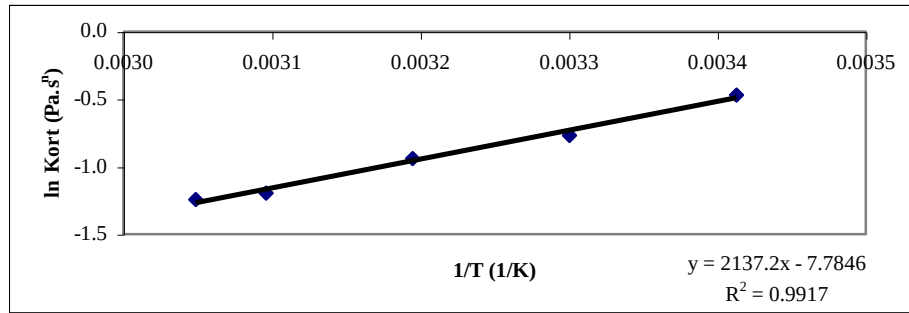
B modifiye nişastası içeren salep içeceğinin kıvam ve akış davranış indeksinin sıcaklık ile değişimi Şekil 6.62. ve Şekil 6.63.'te, kıvam indeksi için Arrhenius grafiği ise Şekil 6.64.'te verilmiştir.



Şekil 6.62. B modifiye nişastası içeren salep içeceğinin kıvam indeksinin sıcaklık ile değişimi



Şekil 6.63. B modifiye nişastası içeren salep içeceğinin akış davranış indeksinin sıcaklık ile değişimi



Şekil 6.64. B modifiye nişastası içeren salep içeceğinin kıvam indeksi için Arrhenius grafiği

Kuhn ve Schlaunc (1994) yaptıkları bir çalışmada, yaygın olarak kullanılan sıcak nişasta lapalarının kayma kuvvetine ve ısıya dayanıklılıklarını $95^{\circ}C$ 'de Bohlin CS reometre ve Ultra-Turrax yüksek hızlı karıştırıcı kullanarak belirlemişlerdir. Esterifikasyon ya da eterifikasyon tekniği ile çapraz bağlanarak modifiye edilmiş nişastaların kayma kuvvetine çapraz bağlanma uygulanmamış nişastalara göre daha dayanıklı olduğu gözlemlenmiştir. Doğal nişastalar kayma stresine daha hassastır. Yüksek sıcaklıklarda ölçümler ($140^{\circ}C$) üç kategorili viskozite değişimi göstermiştir. İlk olarak viskozite düşmüş, daha sonra sabit kalmış ve son olarak da ısıtma periyodunda artış göstermiştir. Viskozite gelişimiyle kimyasal modifikasyon arasında direk bir ilişki bulunmamıştır.

Isıtma hızı, konsantrasyon, kayma kuvveti, basınç ve sıcaklık nişastanın jelatinizasyonu etkileyen önemli faktörlerdir. Reddy (1992) yaptığı bir çalışmada, %10 ve 50 konsantrasyonlarındaki, mısır, "waxy" mısır, tapioka ve patates nişastalarının süspansiyonlarının sabit ve dinamik reolojik özellikleri atmosferik basınçta ve 3.4 MPa basınçta incelenmiştir. Sabit kayma hızında gerçekleştirilmiş

olan deneylerde lapalar psödoplastik davranış göstermişlerdir. “Waxy” mısır nişastası ile tapioka nişastasının akış özellikleri üslü yasa ile, mısır ile patates nişastasının lapalarınınkinde ise yıkılma stresi gözlemlendiğinden “Herschel Bulkley” modeli ile açıklanmıştır. Yüksek sıcaklıklarda düşük kayma hızlarında histeresiz gözlemlendiği belirtilmiştir. Yüksek basınçta aktivasyon enerjisi düşük çıkmıştır. Sonuçlar yapılan çalışmayla uyumludur.

Sütlü tatlı formülasyonlarında yüksek dereceli çapraz bağlanmış nişastalar UHT işlemine dirençli olup, ısıya, aside, depolamaya, kayma kuvvetine karşı stabildir, hidroksipropillendirilmiş çapraz bağlı nişastalar esterifiye nişastalardan daha kararlıdır (Dorp ve Corinck, 1997; Coninck ve diğ., 1995).

Tapioka nişastası, instant toz pudinglerde kıvam verici olarak kullanılabilir. Prejelatinize nişastaya göre daha az bir miktar kullanılarak istenen viskoziteyi sağlamaktadır (Anon., 1972). Sütlü tatlıların yanı sıra, sıcak içeceklerde, dondurma ve sütlü tatlılarda uygulama alanı bulmaktadır (Hendrikx, 1999). Özellikle instant sıcak çikolata formülasyonlarında kullanılan tapioka nişastası düşük jelatinizasyon sıcaklığı, sıcak suda çözünürlüğü ile tercih edilir (Murphy, 1997).

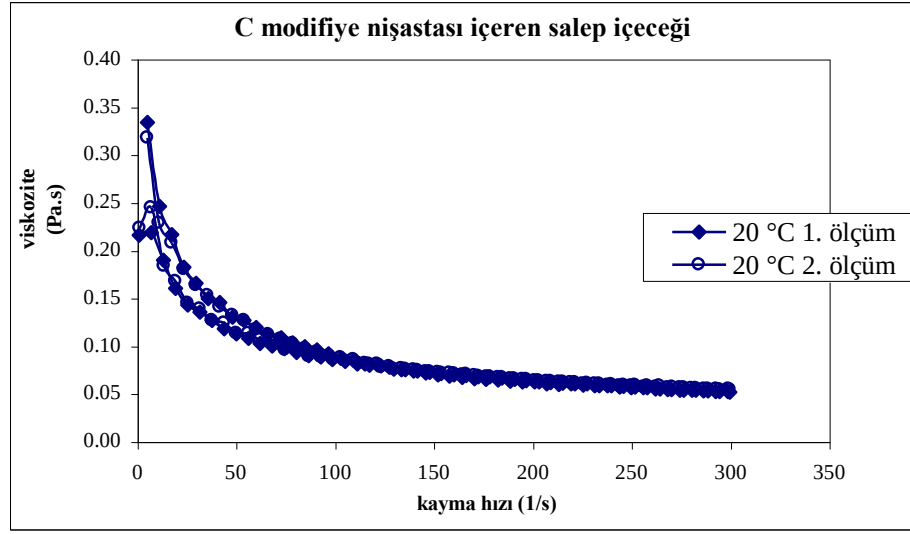
Chen ve Ramaswamy’nin (1999) yaptığı çalışmada, konsantrasyonun (%2-6), sıcaklığın (20-80°C), pH (4-8) ve pişirme süresinin (5-35 dak.) tapioka nişasta çözeltisinin reolojik özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Bilgisayar destekli rotasyonel viskometre ile kayma stresi-kayma hızı verileri 12 saniye aralıklarla alınmıştır. Üslü yasa modeli kullanılarak tüm deneysel nişasta çözeltileri modellenmiştir. Çözelti konsantrasyonu ve sıcaklığı arasında önemli bir ilişki gözlemlenmiş, 18 dak. pişirme süresi sonunda en yüksek kıvam katsayısı, ancak 20 dak. sonra en düşük akış davranış indeksi elde edilmiştir.

6.4.3. C modifiye nişastası

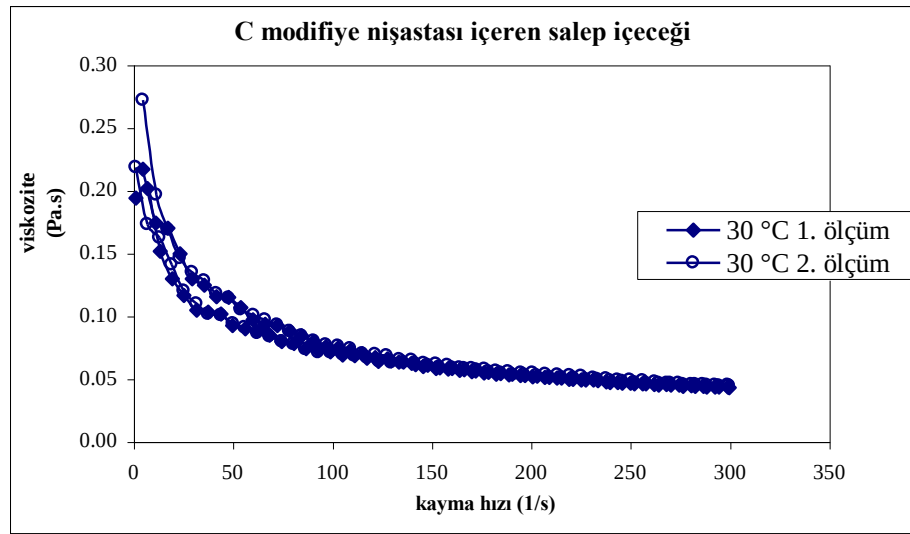
C modifiye nişastası, orta dereli çapraz bağlanmış ve stabilize edilmiş waxy mısır nişastasıdır. Isıya ve kayma kuvvetine karşı dayanıklıdır (Anonymous, 2003b).

Süt tozu yerine sütlü tatlılarda kullanılabildiği belirtilmiştir. Viskoziteyi geliştirmek, raf ömrünü arttırmak amacıyla çorba, soslarda, pastacılık dolgularında ve sütlü tatlılarda kullanılmakta olduğu beyan edilmiştir.

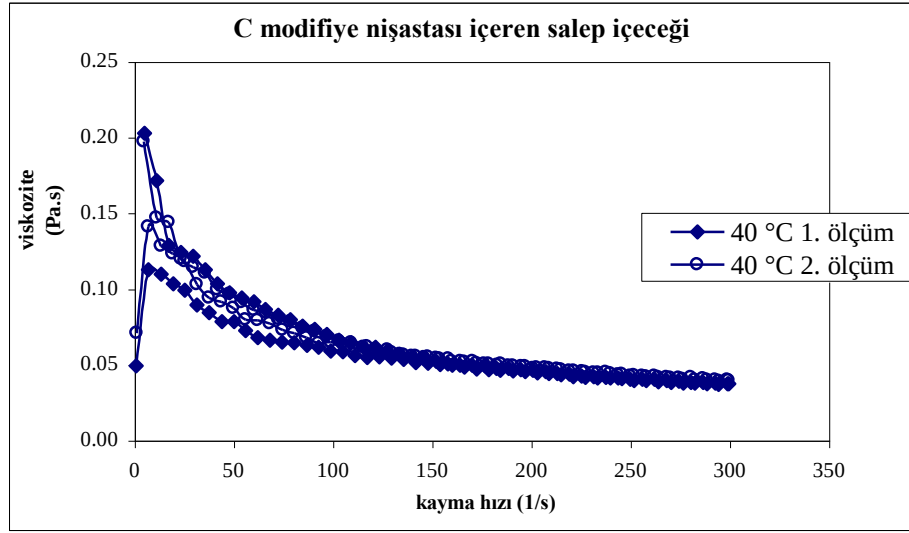
C modifiye nişastası içeren salep ieeğinin 20, 30, 40, 50 ve 55°C’deki viskozite eğrileri Şekil 6.65., Şekil 6.66., Şekil 6.67., Şekil 6.68. ve Şekil 6.69.’da verilmiştir.



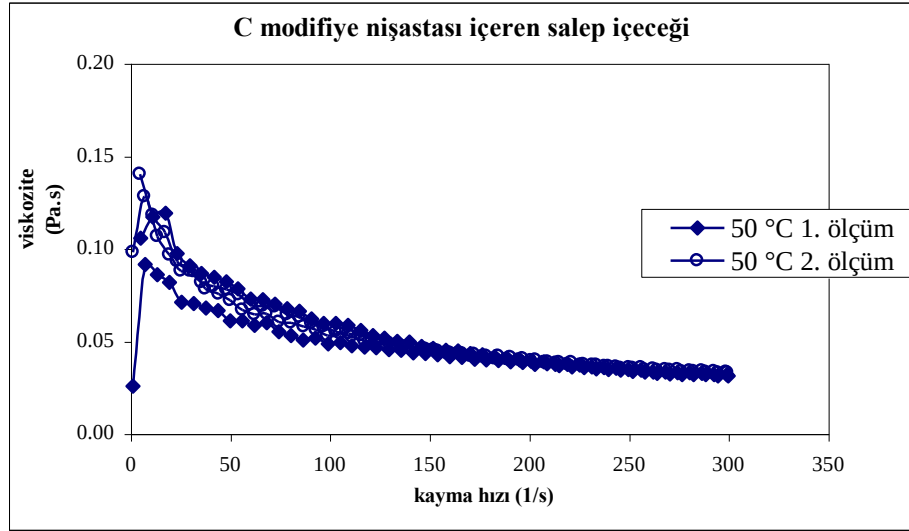
Şekil 6.65. C modifiye nişastası içeren salep ieeğinin 20°C’deki viskozite eğrisi



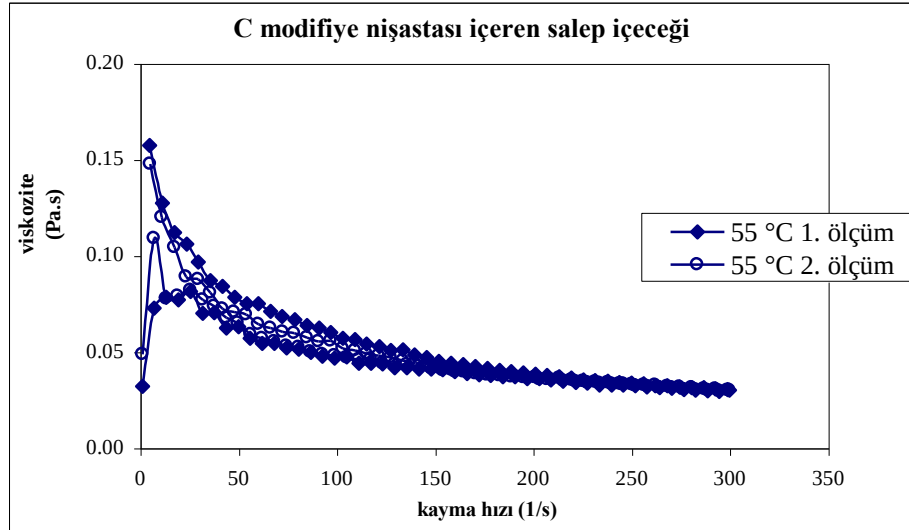
Şekil 6.66. C modifiye nişastası içeren salep ieeğinin 30°C’deki viskozite eğrisi



Şekil 6.67. C modifiye nişastası içeren salep içeceğinin 40°C’deki viskozite eğrisi



Şekil 6.68. C modifiye nişastası içeren salep içeceğinin 50°C’deki viskozite eğrisi

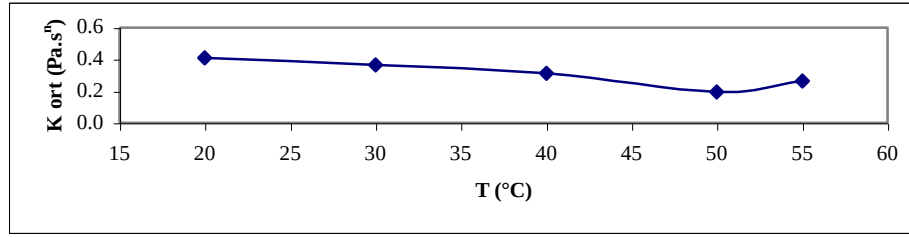


Şekil 6.69. C modifiye nişastası içeren salep içeceğinin 55°C’deki viskozite eğrisi

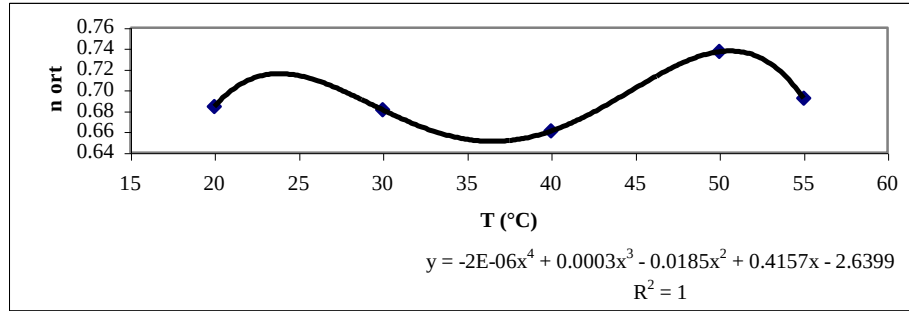
C modifiye nişastası ile hazırlanan salep içeceği formülasyonunun viskozite eğrileri incelendiğinde 1. ve 2. ölçümler için düşük sıcaklıklarda ve düşük kayma hızlarında histeresizin gözlemlendiği, yüksek kayma hızlarında ve yüksek sıcaklıklarda 2. ölçümlerde ise histeresizin ortadan kalktığı gözlemlenmiştir. Sıcaklığın artmasıyla 1. ölçümlerdeki histeresiz açıklığı da artmaktadır. Akış davranış tipi düşük sıcaklıklar için psödoplastik olup, düşük kayma hızlarında, yüksek sıcaklıklarda tiksotropik olarak kabul edilmiştir. Reolojik modelin örneğin reolojik özelliklerini iyi temsil etmediği gözlemlenmiştir. Bu da histeresiz varlığının gözardı edilemeyeceğinden kaynaklanabilir. Ayrıca sıcaklığın viskozite üzerine etkisi Arrhenius denkliğiyle çok iyi temsil edilmediği görülmüştür.

$$\eta = (1.28 \times 10^{-3}) \times e^{\frac{169890}{T(K)}} \times \gamma^{\left[-3.6399 + 0.4157T(^{\circ}C) - 0.0185T^2(^{\circ}C) + 0.0003T^3(^{\circ}C) - 2.10^{-6}T^4(^{\circ}C) \right]} \quad (6.9.)$$

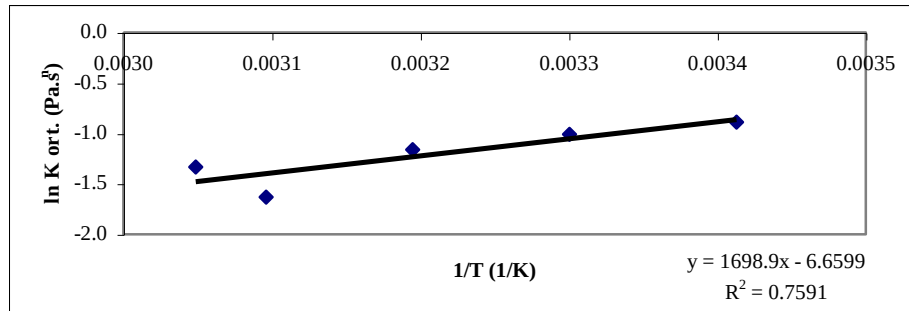
C modifiye nişastası içeren salep içeceğinin kıvam ve akış davranış indeksinin sıcaklık ile değişimi Şekil 6.70. ve Şekil 6.71.’de, kıvam indeksi için Arrhenius grafiği ise Şekil 6.72.’de verilmiştir.



Şekil 6.70. C modifiye nişastası içeren salep içeceğinin kıvam indeksinin sıcaklık ile değişimi



Şekil 6.71. C modifiye nişastası içeren salep içeceğinin akış davranış indeksinin sıcaklık ile değişimi



Şekil 6.72. C modifiye nişastası içeren salep içeceğinin kıvam indeksi için Arrhenius grafiği

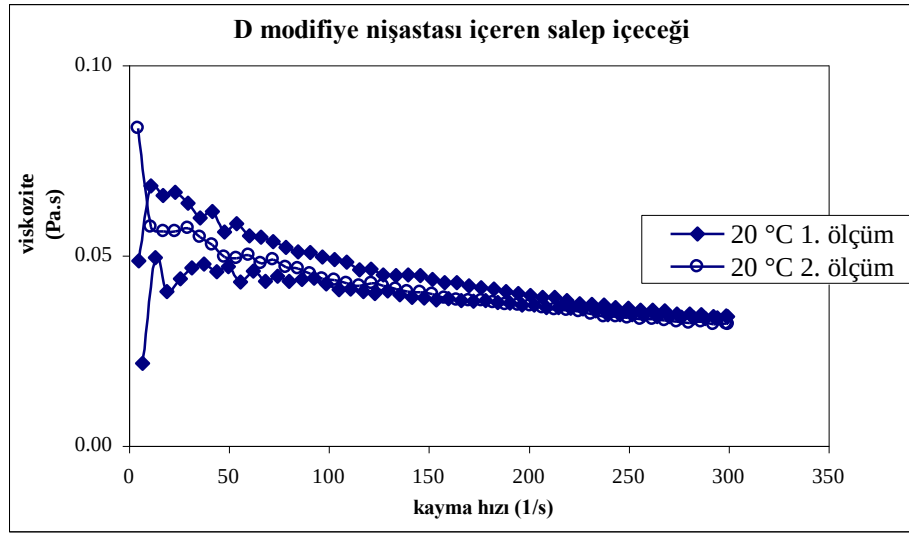
6.4.4. D modifiye nişastasının etkisi

Kullanılan D modifiye nişastası olgunlaşmış tane waxy mısırdan (Zea mays) elde edilen fiziksel modifikasyona uğratılmış bir prejelatinize “waxy” mısır nişastasıdır. Beyaz renkte, kokusuz, nötral tada sahip olduğu, soğuk suda çözünmediği ve suyla karıştırıldığında bağlayıcı özellik kazandığı ifade edilmiştir. Doğal nişastanın verdiği çiğ tadı önlediği, ağızda kolaylıkla eridiği belirtilmiştir. Su tutuculuk özelliği nedeniyle, bağlı rutubeti yüksek, serbest rutubeti düşük, daha yavaş kuruyan daha

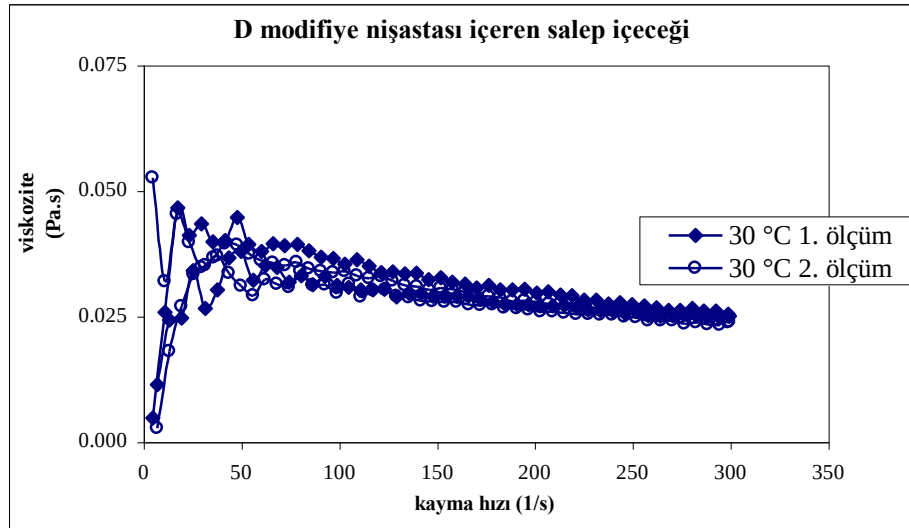
yumuşak bir ürün elde edildiği; ürünün raf ömrünün arttığı beyan edilmiştir (Akgül, 2002).

Özellikle bisküvi ve gofret kremalarında, kaplamalı ürünlerde, keklerde, krem şanti ve pastacılık dolgularında kullanıldığı belirtilmiştir (Akgül, 2002).

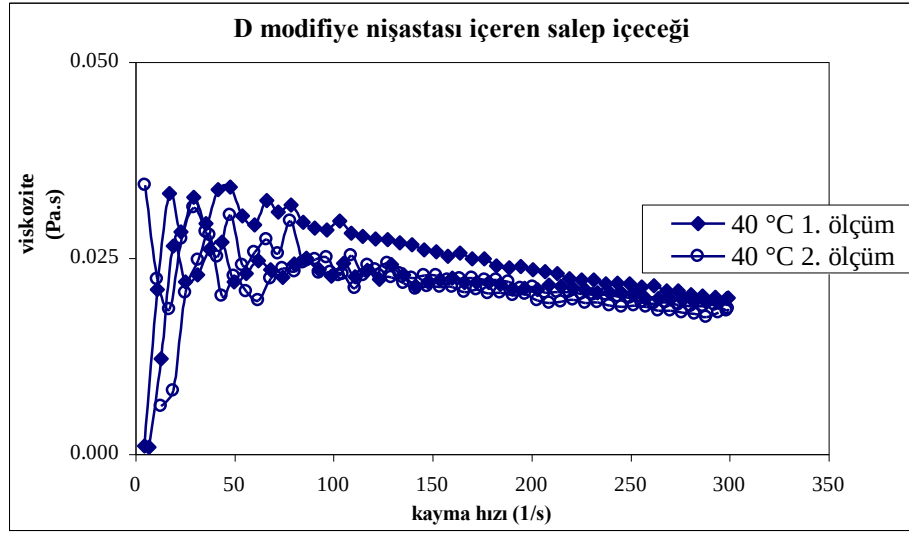
D modifiye nişastası içeren salep içeceğinin 20, 30, 40, 50 ve 55°C'deki viskozite eğrileri Şekil 6.73., Şekil 6.74., Şekil 6.75., Şekil 6.76. ve Şekil 6.77.'de verilmiştir.



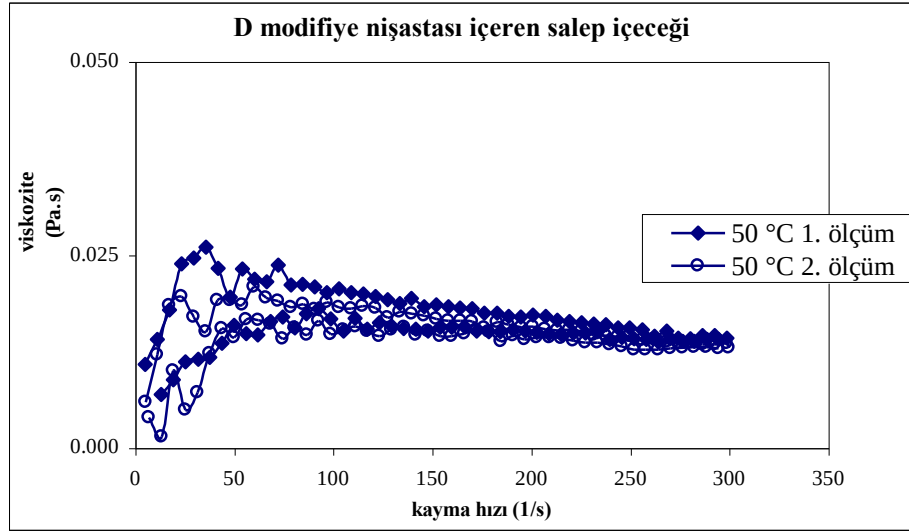
Şekil 6.73. D modifiye nişastası içeren salep içeceğinin 20°C'deki viskozite eğrisi



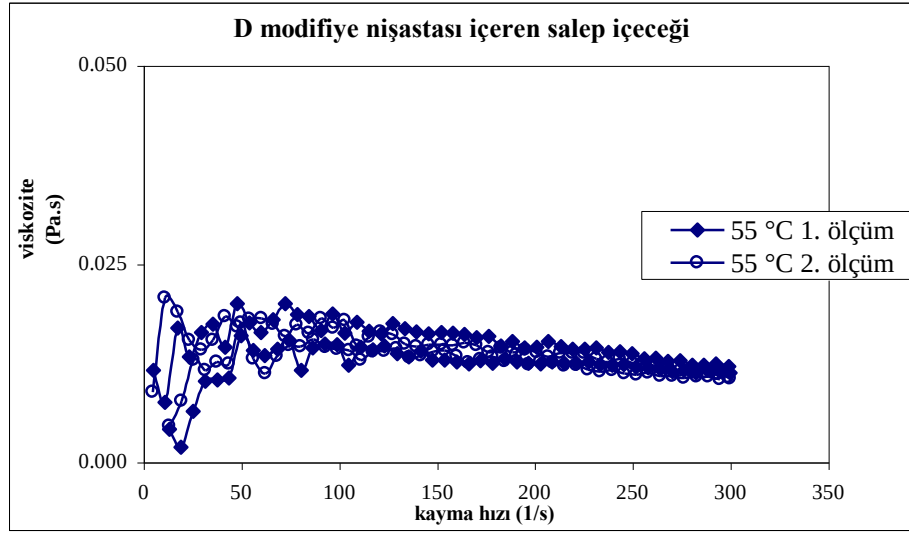
Şekil 6.74. D modifiye nişastası içeren salep içeceğinin 30°C'deki viskozite eğrisi



Şekil 6.75. D modifiye nişastası içeren salep içeceğinin 40°C'deki viskozite eğrisi



Şekil 6.76. D modifiye nişastası içeren salep içeceğinin 50°C'deki viskozite eğrisi

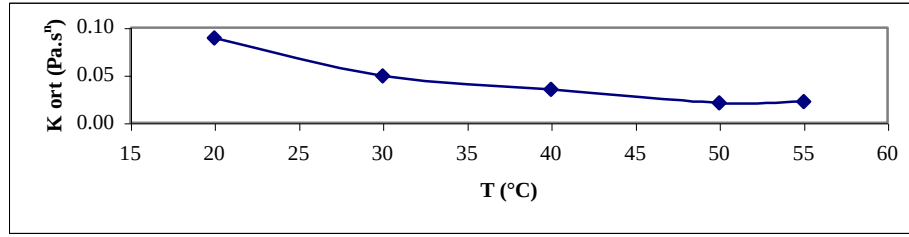


Şekil 6.77. D modifiye nişastası içeren salep içeceğinin 55°C’deki viskozite eğrisi

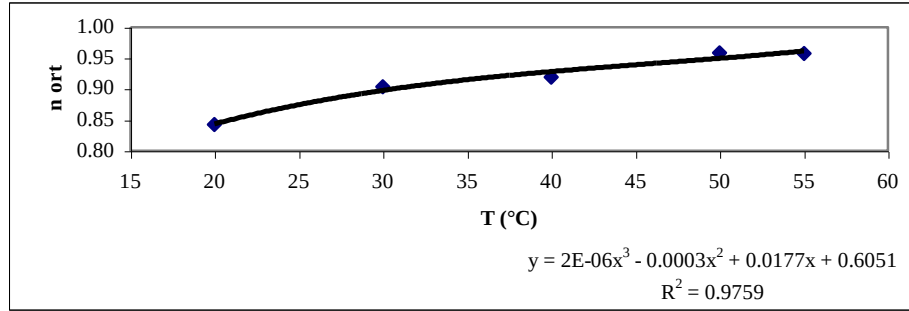
Düşük kayma hızlarında. D modifiye nişastası ile hazırlanan “instant” salep içeceğinin viskozite eğrileri incelendiğinde histeresizin 1. ölçümlerde ve düşük kayma hızlarında kaybolmadığı akış davranış tipinin zamana bağlı olduğu görülür, tiksotropik davranış gösterir. 2. ölçümlerde ise histeresiz kaybolmaktadır. Yapılan reolojik modelin örneğin reolojik özelliklerini iyi temsil ettiği gözlenmiştir.

$$\eta = (1.04 \times 10^{-7}) \times e^{\frac{39825}{T(K)}} \times \gamma^{\left[-0.3949 + 0.0177T(^{\circ}C) - 0.0003T^2(^{\circ}C) + 2.10^{-6}T^3(^{\circ}C) \right]} \quad (6.10.)$$

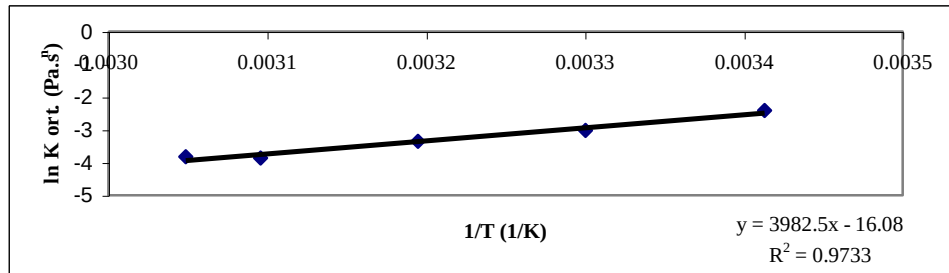
D modifiye nişastası içeren salep içeceğinin kıvam ve akış davranış indeksinin sıcaklık ile değişimi Şekil 6.78. ve Şekil 6.79.’da, kıvam indeksi için Arrhenius grafiği Şekil 6.80.’de verilmiştir.



Şekil 6.78. D modifiye nişastası içeren salep içeceğinin kıvam indeksinin sıcaklık ile değişimi



Şekil 6.79. D modifiye nişastası içeren salep içeceğinin akış davranış indeksinin sıcaklık ile değişimi



Şekil 6.80. D modifiye nişastası içeren salep içeceğinin kıvam indeksi için Arrhenius grafiği

Ön jelatinleştirilmiş nişastalar, soğuk su içerisinde şişebilmekte ve jelatinize olabilmektedir. Ancak, bu tip ürünler normal nişastadan daha düşük bir kalınlaştırıcı özellik göstermektedirler. Deneysel sonuçlarla literatür bilgisi uyumludur.

Linfeng ve Ya-Jane (2001) yaptıkları bir çalışmada, asitle inceltilmiş mısır, patates ve pirinç nişastalarının yapısal ve fizyokimyasal özelliklerini incelemişlerdir. Brabender Viskoamilograf kullanılarak %10 konsantrasyonundaki 0.14 N HCl ile 50 °C’de hidrolize edilen nişastaların viskoziteleri incelenmiştir. Asitle modifikasyon sonrası amiloz miktarı azalmış, tüm nişastalar kristal yapısını korumuştur. Asit

öncelikli olarak amorf bölgelere hareket edmiş, anında amiloz ve amilopektin hidrolize olmuştur. Asitle modifikasyon mısır ve pirinç nişastalarının uzun zincir oranını azaltırken, kısa zincir oranını arttırmıştır. Patates nişastasının ise uzun zincir oranını arttırıp, kısa zincir oranını azaltmıştır. Asitle inceltilmiş patates nişastası, patates nişastasındaki amilopektindeki uzun dallı zincirlerin yüksek oranda olmasına bağlı olarak asitle inceltilmiş mısır ve pirinç nişastalarına göre daha sıkı jel oluşturmuştur. Asitle inceltilmiş kısa dönemli jel yapısının gelişimi amiloz içeriğine bağlı bulunmuş, uzun dönemli jel kuvvetinin ise uzun dallı amilopektin zincirlerine bağlı olduğu ifade edilmiştir.

Tüm modifiye nişastalı salep içeceği formülasyonları dikkate alındığında genel olarak sıcaklık arttıkça kayma stresi ve viskozite azalmaktadır. Ancak, A ve C modifiye nişastalı formülasyonlarda 50 ve 55°C’lerde alınan reolojik veriler, B modifiye nişastalı formülasyonda 40 ve 55°C’lerde alınan reolojik veriler yakındır.

Kayma stresi ve viskozite değerleri azalan sırayla A, B, C ve D modifiye nişastalı salep içeceği formülasyonu şeklindedir. F marka ürünün reolojik özelliklerine en yakın formülasyon A modifiye nişastalı formülasyon olup, ideal ürünün kayma stresi ve viskozite değerleriyle aynı verilere sahiptir ve diğer nişasta çeşitlerine göre daha iyi çözünürlüğe sahip olup, istenen kıvamda ve homojen ürün eldesine uygundur.

Doğal ve modifiye nişastalı formülasyonların reolojik özellikleri karşılaştırılacak olursa, azalan sırayla A, patates, B, C, buğday, mısır, D nişastalı formülasyonlar şeklindedir.

Nadison (1995), yaptığı bir çalışmada, formülasyonu %79.55, 11.62, 3.5 krema, %2.8 nişasta ve %2.4 yağsız süt tozu, %0.1 lezzet ve renk vericiler ile %0.03 karagenandan oluşan kremayı tübüler pişiricide hazırlamıştır. Doğal nişasta kullanımı düzgün, kıvamlı bir ürün vermiş, ürün ağızda elastik, kaşıkla karıştırıldığında sıvı olmuştur. Modifiye nişasta ile hazırlanan tatlı daha kremsi dokuya sahip olup, jel yapı göstermemiştir. Araştırmada duyuusal açıdan modifiye nişasta ile hazırlanan karışım tercih edilmiştir.

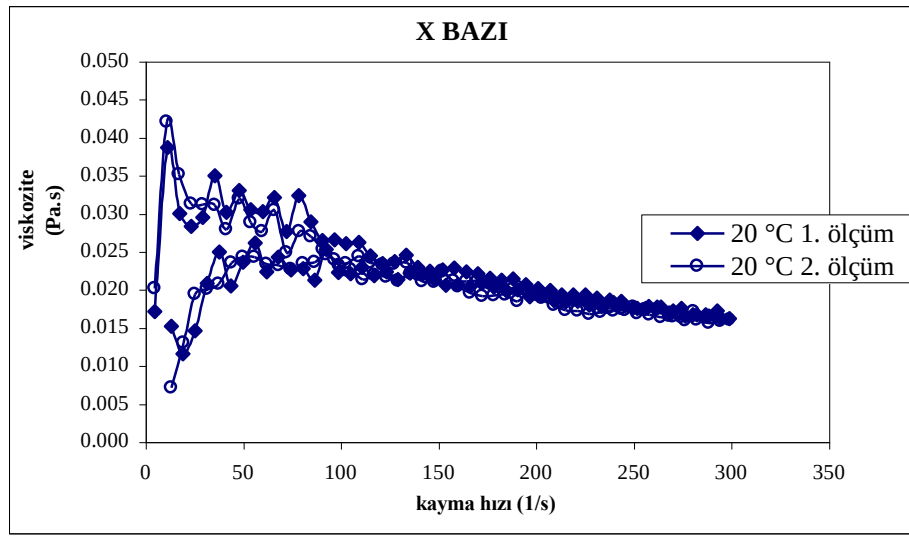
Yaptığımız çalışmada da, çözünürlük ve homojenlik açısından doğal ve modifiye nişastayla hazırlanmış örnekler karşılaştırılacak olursa, Nadison (1995)’un yaptığı

araştırmaya paralel olarak sözkonusu deney koşullarında modifiye nişastalar daha iyi sonuç vermiştir.

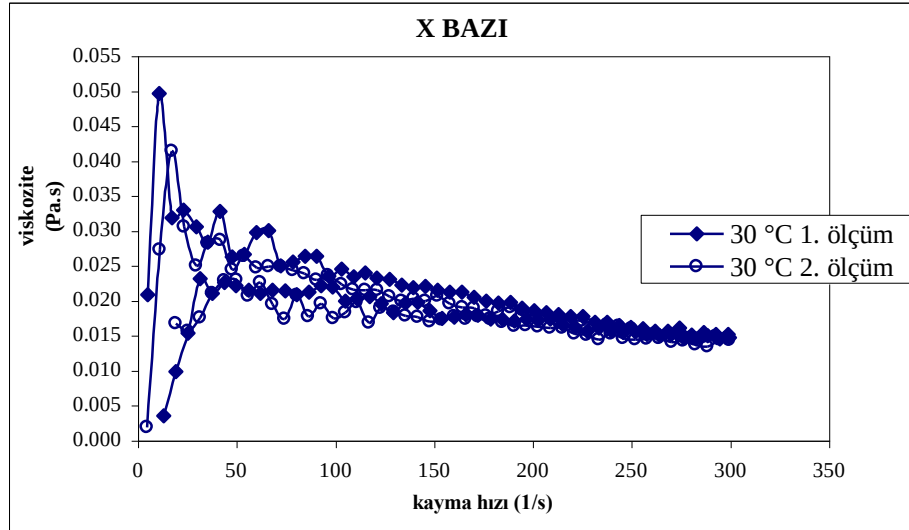
6.5. Baz Olarak Alınan Karışımların Reolojik Özellikleri

6.5.1. X bazının reolojik davranışı

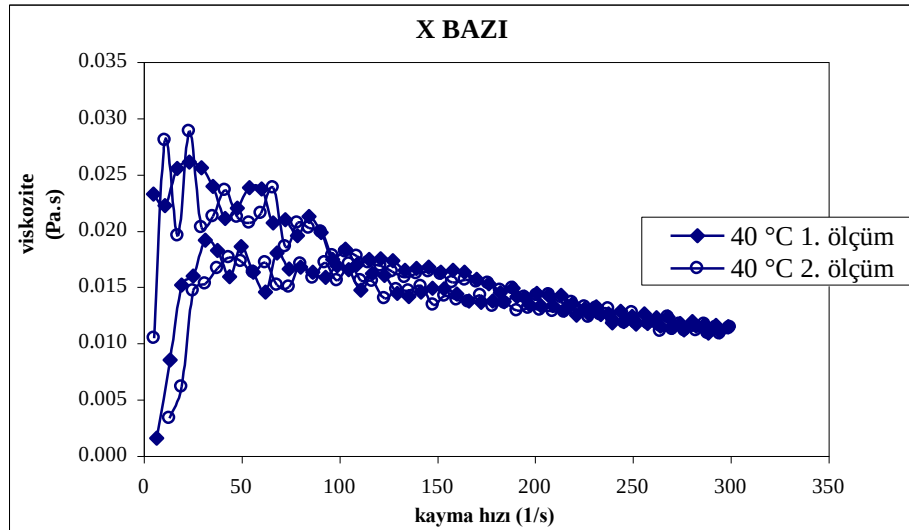
100 ml sıcak sütün 1 gr salep tozuna eklenip, karıştırılmasıyla hazırlanmış X bazının 20, 30, 40, 50 ve 55°C 'deki viskozite eğrileri Şekil 6.81., Şekil 6.82., Şekil 6.83., Şekil 6.84. ve Şekil 6.85.'te verilmiştir.



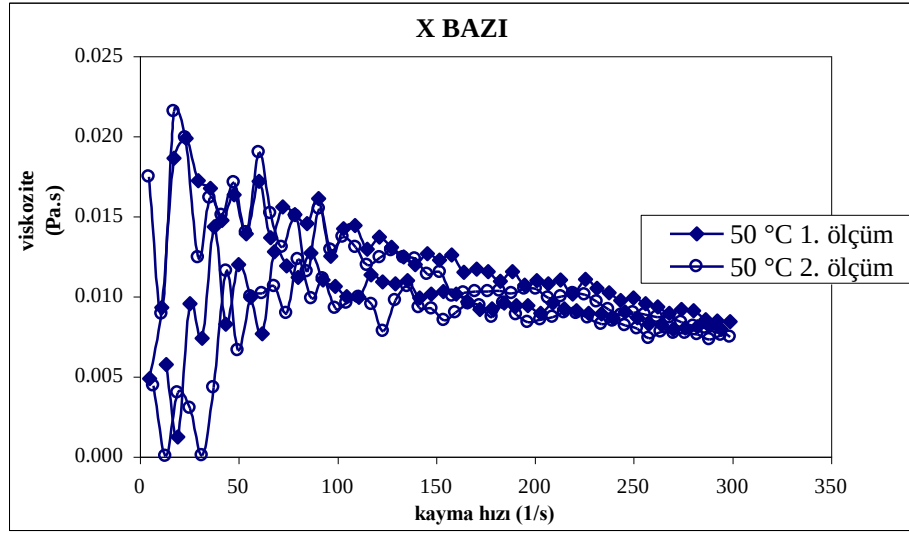
Şekil 6.81. X bazının 20°C'deki viskozite eğrisi



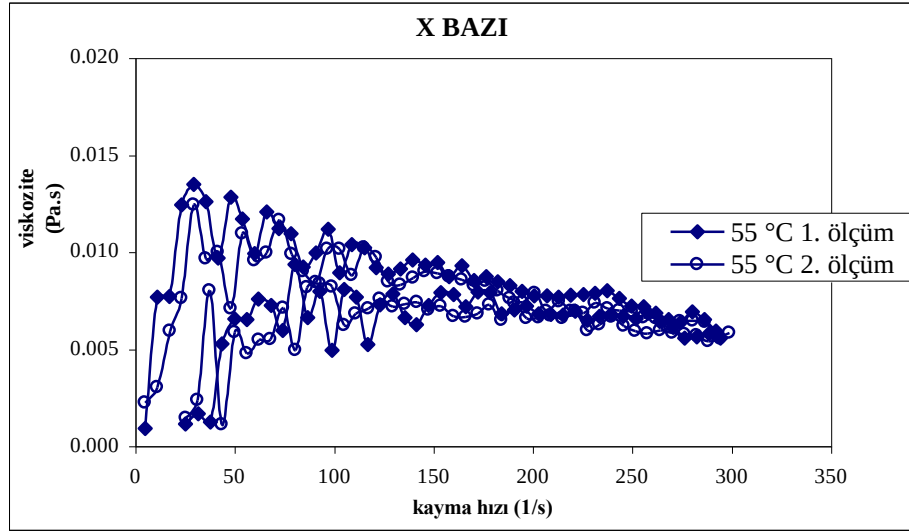
Şekil 6.82. X bazının 30°C’deki viskozite eğrisi



Şekil 6.83. X bazının 40°C’deki viskozite eğrisi



Şekil 6.84. X bazının 50°C'deki viskozite eğrisi

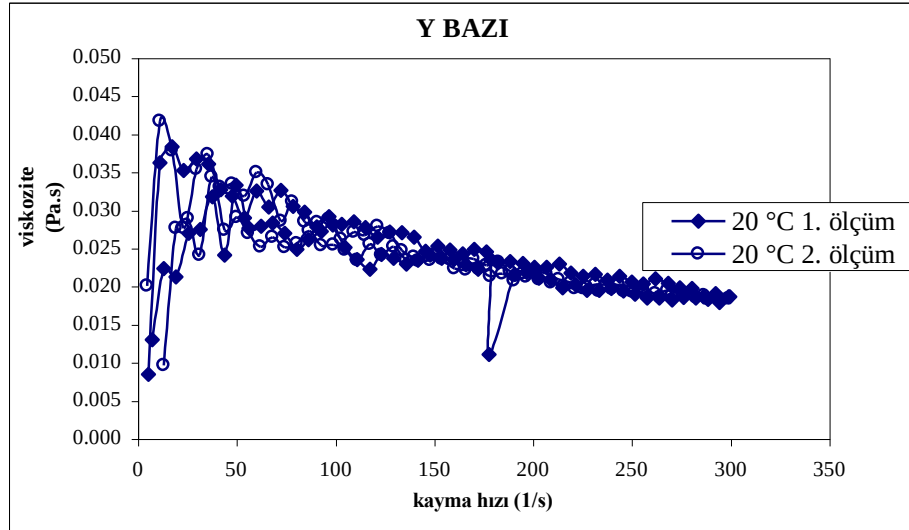


Şekil 6.85. X bazının 55°C'deki viskozite eğrisi

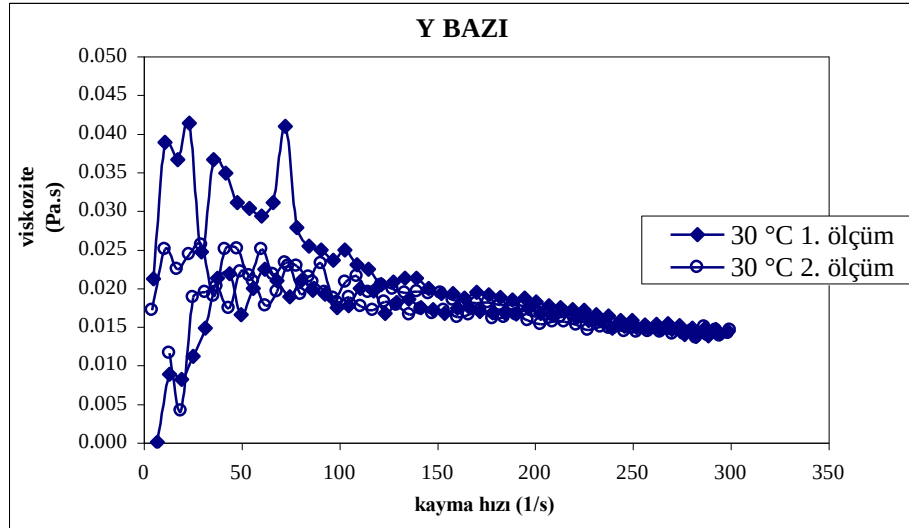
X bazı, düşük sıcaklıklarda yüksek kayma hızlarında psödoplastik davranış gösterirken sıcaklığın artmasıyla histeresiz artmış, tiksotropik davranış gözlemlenmiştir. Sabit kayma hızı programı kullanılarak akış tipinin zamana bağlı olup olmadığı ayrıca incelenmelidir.

6.5.2. Y bazının reolojik davranışı

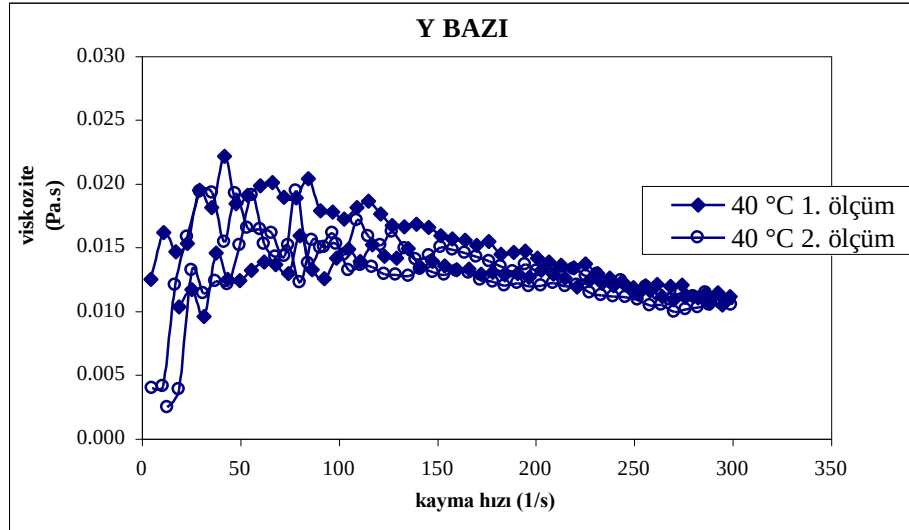
100 ml sıcak sütün 1 gr salep tozu, 8 gr şeker toz karışımına eklenip, karıştırılmasıyla hazırlanan Y bazının 20, 30, 40, 50 ve 55°C 'deki viskozite eğrileri Şekil 6.86., Şekil 6.87., Şekil 6.88., Şekil 6.89. ve Şekil 6.90.'da verilmiştir.



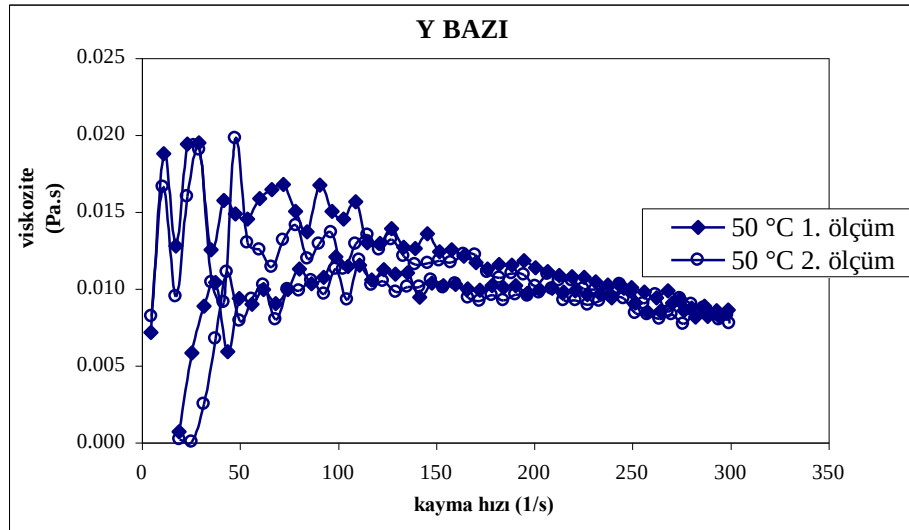
Şekil 6.86. Y bazının 20°C'deki viskozite eğrisi



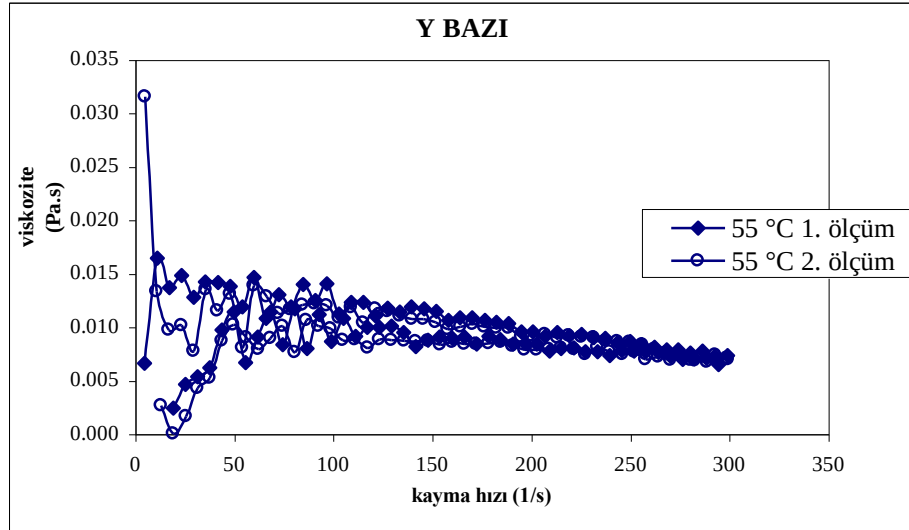
Şekil 6.87. Y bazının 30°C'deki viskozite eğrisi



Şekil 6.88. Y bazının 40°C’deki viskozite eğrisi



Şekil 6.89. Y bazının 50°C’deki viskozite eğrisi

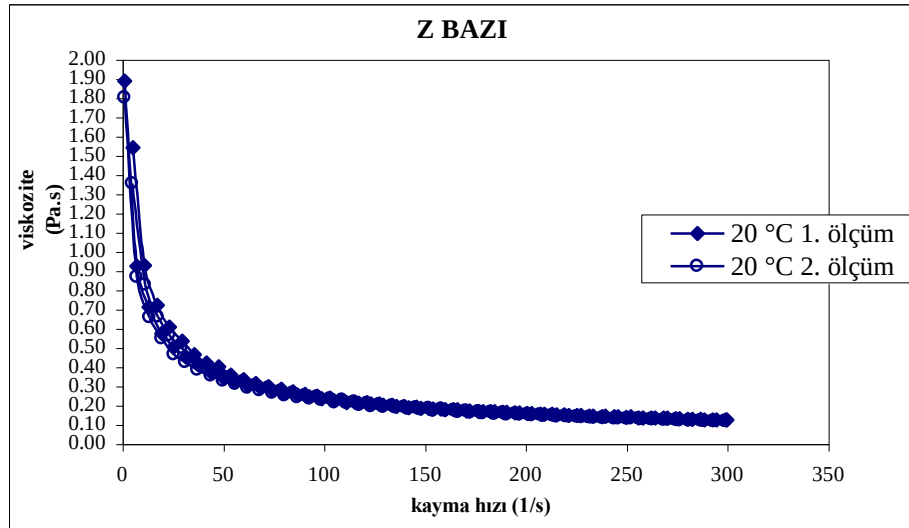


Şekil 6.90. Y bazının 55°C’deki viskozite eğrisi

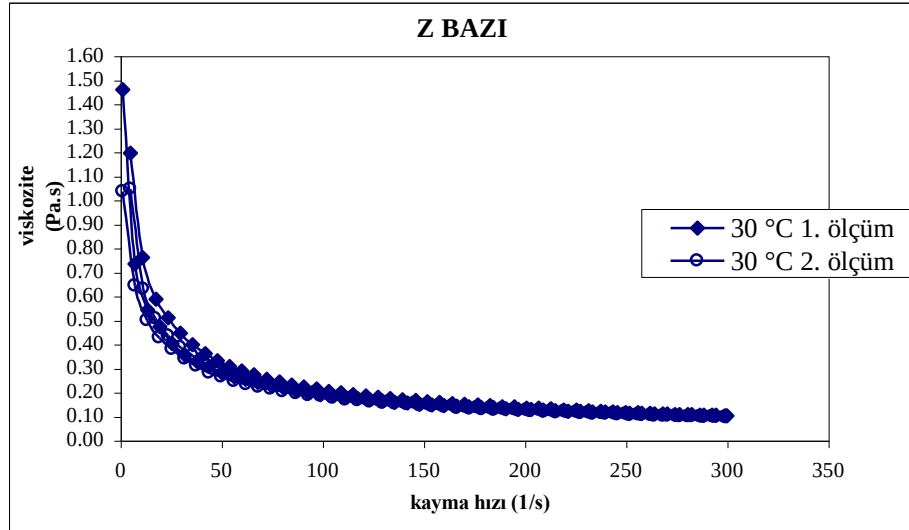
Y bazı yüksek kayma hızlarında psödoplastik davranış göstermektedir. Düşük kayma hızlarında ise akış davranış tipi zamana bağlıdır. Sabit kayma hızı programı kullanılarak akış tipinin zamana bağlı olup olmadığı ayrıca incelenmelidir.

6.5.3. Z bazının reolojik davranışı

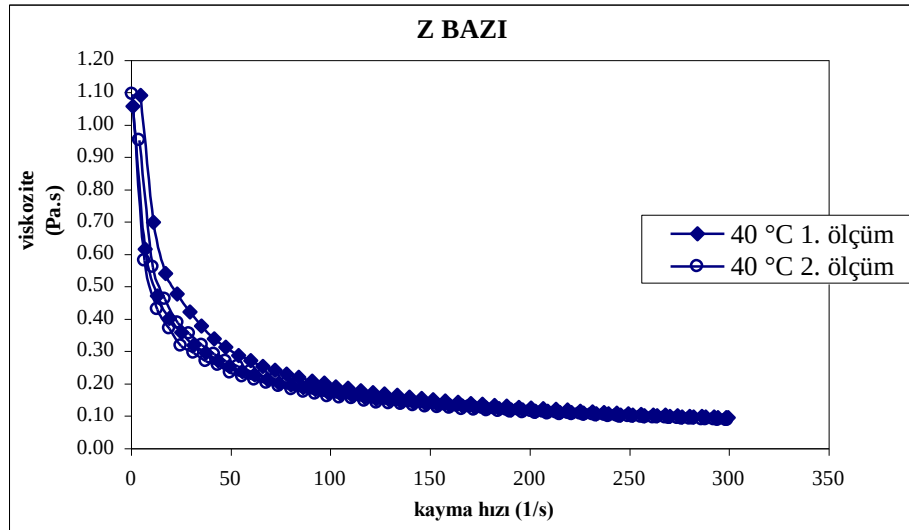
100 ml sıcak sütün 3 gr salep tozu, 8 gr şeker karışımına eklenip, karıştırılmasıyla hazırlanan Z bazının 20, 30, 40, 50 ve 55°C’deki viskozite eğrileri Şekil 6.91., Şekil 6.92., Şekil 6.93., Şekil 6.94. ve Şekil 6.95.’te verilmiştir.



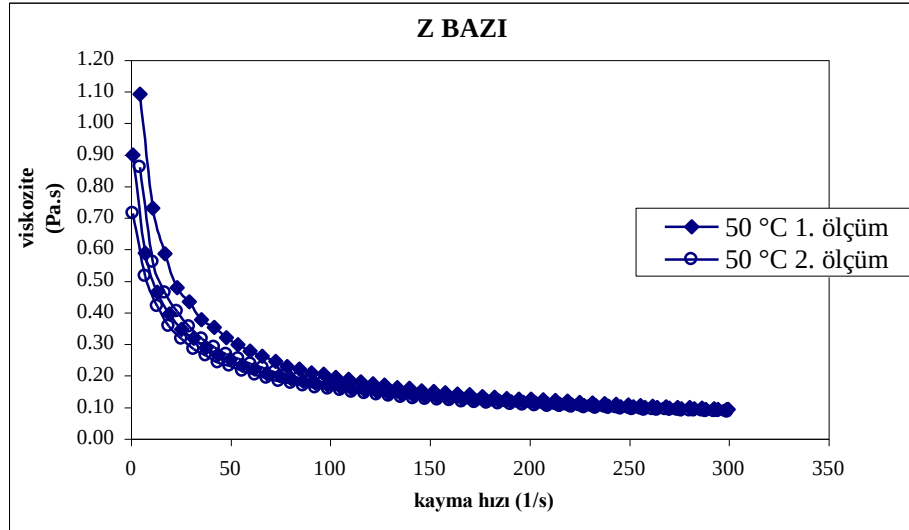
Şekil 6.91. Z bazının 20°C’deki viskozite eğrisi



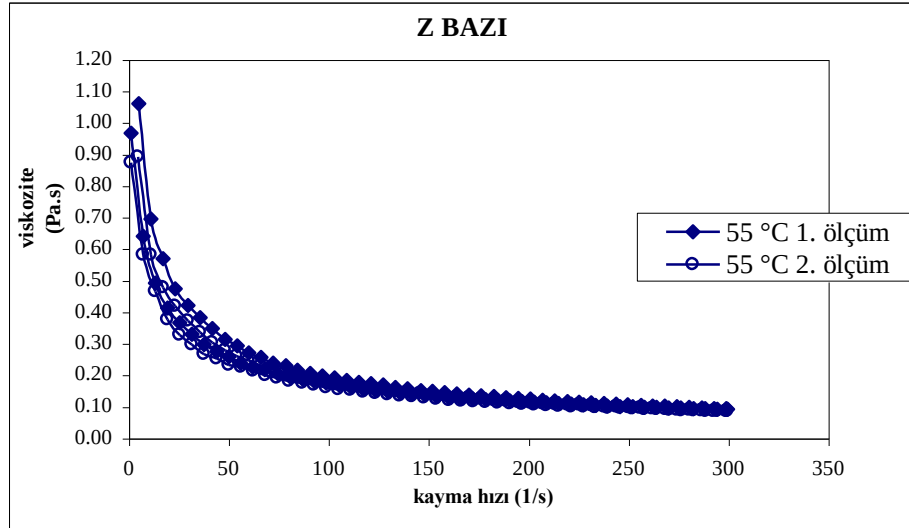
Şekil 6.92. Z bazının 30°C'deki viskozite eğrisi



Şekil 6.93. Z bazının 40°C'deki viskozite eğrisi



Şekil 6.94. Z bazının 50°C’deki viskozite eğrisi



Şekil 6.95. Z bazının 55°C’deki viskozite eğrisi

Z bazına ait akış davranış tipi psödoplastiktir. Genel olarak sıcaklık arttıkça kayma stresi ve viskozite azalmaktadır. Ancak, Z bazından 40 ve 55°C’lerde alınan reolojik veriler yakın, 50°C’dekiler en düşüktür.

Kayma stresi ve viskozite değerleri azalan sırayla Z, Y ve X bazları şeklindedir. F marka ürünün reolojik verileri Z ile Y bazının arasındadır. Salep konsantrasyonu artırıldığında viskozite de artmıştır. Sonuçlar Kaya ve Tekin’in (2001) sonuçlarıyla uyumludur. Sisteme şeker eklenmesi yine viskoziteyi arttırmıştır. Literatürde yüksek şeker konsantrasyonlarında nişasta jelatinizasyon hızı, pik viskozitesi ve jel kuvveti

azalır ifadesi vardır (Ova ve Erkek, 2002). Salep ieeğinde kullanılan şeker miktarının yüksek düzeyde olmaması, sıcaklığın jelatinizasyon sıcaklığı kadar yüksek olmaması sonuçların literatürle paralel çıkmamasına sebep gösterilebilir.

Salep tozunun deneysel çalışmada kullanılan nişastalardan düşük kayma hızlarında daha yüksek viskozite değeri, yüksek kayma hızlarında ise patates ve A modifiye nişastasıyla yakın viskozite değeri sağladığı görölmektedir.

6.6. Salep İeeğinin Reolojik Karakterizasyonu

En çok tercih edilen üç farklı hazırlanma metoduna sahip salep içeceklerinin kıvam indeksleri için E_a ve K_∞ değeri, Tablo 6.1.'de toplu olarak verilmiştir.

Tablo 6.1. Piyasada mevcut salep içeceklerinin kıvam indeksleri için E_a ve K_∞ değeri

Ürün	Aktivasyon enerjisi, E_a (kJ/kgmol)	Arrhenius Denklem sabiti, K_∞ (Pa.s ⁿ)	R^2
A marka	51985.78	$3.12 \cdot 10^{-10}$	0.96
C marka	13095.38	$1.68 \cdot 10^{-3}$	0.76
F marka	16924.81	$1.03 \cdot 10^{-3}$	0.99

Yaygın olarak kullanılan farklı doğal ve modifiye nişastalarla hazırlanmış salep içeceklerinin kıvam indeksleri için E_a ve K_∞ değeri Tablo 6.2.'de toplu olarak verilmiştir.

Tablo 6.2. Doğal ve modifiye nişastalarla hazırlanmış salep içeceklerinin kıvam indeksleri için E_a ve K_∞ değeri

Ürün	Aktivasyon enerjisi, E_a (kJ/kgmol)	Arrhenius Denklem sabiti, K_∞ (Pa.s ⁿ)	R^2
Buğday nişastalı	29142.22	$1.44 \cdot 10^{-6}$	0.99
Mısır nişastalı	31698.79	$3.6 \cdot 10^{-7}$	0.97
Patates nişastalı	12456.03	$4.40 \cdot 10^{-3}$	0.58
A modifiye nişastalı	29093.18	$7.96 \cdot 10^{-6}$	0.98
B modifiye nişastalı	17768.68	$4.16 \cdot 10^{-4}$	0.99
C modifiye nişastalı	14124.66	$1.28 \cdot 10^{-3}$	0.76
D modifiye nişastalı	33110.50	$1.04 \cdot 10^{-7}$	0.97

Piyasada mevcut salep içeceklerinin ve nişastalı formölasyonların akış davranış indekslerinin sıcaklığa bağımlı denklemleri Tablo 6.3. ve Tablo 6.4.'te verilmiştir.

Tablo 6.3. Piyasada mevcut salep içeceklerinin akış davranış indekslerinin sıcaklığa bağlı denklemleri

Ürün	Model denklem	R ²
A marka	$n=-4.4157+0.6128 T-0.0264 T^2+0.0005 T^3-3 \cdot 10^{-6} T^4$	1
C marka	$n=-0.9589+0.1837 T-0.0073 T^2+0.0001 T^3-8 \cdot 10^{-7} T^4$	1
F marka	$n=0.54307+0.00278 T-0.00002 T^2$	0.97

Tablo 6.4. Doğal ve modifiye nişastalarla hazırlanmış salep içeceklerinin akış davranış indekslerinin sıcaklığa bağlı denklemleri

Ürün	Model denklem	R ²
Buğday nişastalı	$n=0.6384+0.0034 T$	0.98
Mısır nişastalı	$n=0.6788+0.0037 T$	0.92
Patates nişastalı	$n=0.564-0.0077 T+0.0005 T^2-7 \cdot 10^{-6} T^3$	1
A modifiye nişastalı	$n=0.4721+0.0044 T$	0.94
B modifiye nişastalı	$n=0.4071+0.0177 T-0.0004 T^2+4 \cdot 10^{-6} T^3$	0.98
C modifiye nişastalı	$n=-2.6399+0.4157 T-0.0185 T^2+0.0003 T^3-2 \cdot 10^{-6} T^4$	1
D modifiye nişastalı	$n=0.6051+0.0177 T-0.0003 T^2+2 \cdot 10^{-6} T^3$	0.98

Yüksek E_a değerleri viskozitenin sıcaklıkla daha çok değişeceği anlamına gelmektedir (Lokumcu, 2000). D modifiye nişastası ile hazırlanan “instant” salep içeceğinin E_a değeri diğerlerine göre en yüksek çıkmıştır. Çapraz bağlanmış nişasta çeşitlerinin sıcaklığa vb. parametrelere daha dayanıklı olduğu gerçeğiyle uyumludur.

Kıvam indeksi sıcaklık ilişkisini gösteren tüm şekiller incelendiğinde, sıcaklık arttıkça kıvam indeksinin düştüğü gözlenmiştir. Kıvam arttıkça kıvam indeklerinin de genel olarak arttığı tablolar incelendiğinde görülmektedir.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, piyasada mevcut farklı tekniklerle üretilen/hazırlanan salep içeceklerinin reolojik özelliklerine ve salep tozu, süt/su, şeker ve doğal veya modifiye nişastalar kullanılarak formüle edilmiş “instant” olarak hazırlanan salep içeceğinin reolojik özelliklerine sıcaklığın, kayma hızının etkileri araştırılmış, sıcaklık ve kayma hızının etkileri tek bir model ile ifade edilmiştir.

Salep içeceği örneklerinin genel olarak 20 - 55°C sıcaklık ve 0.13-300 s⁻¹ kayma hızı aralıklarında psödoplastik olarak davrandığı belirlenmiştir. Kayma hızının etkisi üslü-yasa ile, sıcaklığın etkisi ise Arrhenius eşitliği ile temsil edilerek bu iki faktörün etkilerini içeren tek bir model oluşturulmuştur. Yapılan duyusal analiz sonucu ideal olarak belirlenen “instant” salep içeceğinin viskozitesi için model denklem aşağıda verilmiştir.

$$\eta = (1.03 \times 10^{-3}) \times e^{\frac{203570}{T(K)}} \times \gamma^{[-0.4569 + 0.0028T(^{\circ}C) - 0.00002T^2(^{\circ}C)]}$$

Bu salep içeceğine viskozite açısından yakın sonuçlar veren ve duyusal olarak diğerlerine tercih edilen modifiye nişasta (prejelatinize, çapraz bağlanmış, stabilize “waxy” mısır) çeşidiyle hazırlanan salep içeceğinin viskozitesi için model denklem aşağıda verilmiştir.

$$\eta = (7.96 \times 10^{-6}) \times e^{\frac{349930}{T(K)}} \times \gamma^{[-0.5279 + 0.0044T(^{\circ}C)]}$$

Sözkonusu model denklemlerin reolojik ölçüm verilerini iyi şekilde temsil ettiği görülmüştür.

İleride yapılacak araştırmalarda, salep içeceğinin besin değeriyle ilgili çalışmalar yapılarak geleneksel ürünümüz hakkında mevcut bilgiler arttırılabilir. Reolojik çalışma açısından, artan-azalan kayma hızı programı uygulanarak reolojik özellikleri belirlenen salep içecekleri sıcaklığa ve kullanılan nişasta çeşidine bağlı olarak özellikle düşük kayma hızlarında hafif tiksotropik, genelde psödoplastik davranış gösterdiğinden ilerde, sabit kayma hızında zamana karşı elde edilen viskozite ölçümleri gerçekleştirilerek sonuçlar karşılaştırılmalıdır. Yapılan çalışmada, üslü yasa ile kayma hızının etkisi, Arrhenius eşitliği ile sıcaklığın etkisi belirlenip iki faktörün etkilerini içeren tek bir model kullanılmıştır. Farklı eşitlikler ve yasalar kullanılarak sonuçlar karşılaştırılabilir. Yine formülasyon geliştirmede kullanılan nişastaların birbirleriyle ve gamlarla kombine kullanımları yapılacak çalışmalarda yer almalı, tüm diğer yöntemlerle hazırlanan salep içecekleri için kıvam vericilerin etkileri çalışılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Abubakar, U.M. , Sopade, P.A. and Yelmi, B.M.,** 1997. Flow behaviour of akamu from different maize varieties and fortified with soybean flour, *Food Control*, **8**(2):105-111.
- Abu-Jdayil, B., Azzam, M.O.J. and Al-Malah, K.I.M.,** 2001. Effect of glucose and storage time on the viscosity of wheat starch dispersions, *Carbohydrate Polymers*, **46**(3): 207-215.
- Ak, M.,** 1997. Reoloji bilim dalı ve Gıda Endüstrisi, *Gıda ve Teknoloji*, **2**(4):36-46.
- Akgül, A.,** 1990. Türkiye'nin Baharatları, 4. Çeşitli Familyalar, *Gıda Dergisi*, **15**(5): 305-310.
- Akgül, A.,** 1993. *Baharat Bilimi ve Teknolojisi*. Sayfa:142-143. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Ankara.
- Akgül, A.,** 2002. Kişisel görüşme (Cerastar-Pendik Nişasta San. ve Tic. A.Ş. Teknik satış Uzmanı).
- Alpaslan, M. and Hayta, M.,** 2002. Rheological and sensory properties of pekmez/tahin blends, *Journal of Food Engineering*, **54**(2002): 89-93
- Altuğ, T.,** 1993. Duyusal Test Teknikleri. Sayfa: 6, 20, 21, 56. Ege Üniversitesi Müh. Fakültesi Ders Kitapları, Yayın No: 28, İzmir.
- Anonymous,** 1972. Cooked starch texture without cooking-cold-water swelling tapioca starch. *Food Processing*, **33**(5): 34.
- Anonymous,** 1979. Büyük Lügat ve Ansiklopedi. 10. Cilt, sayfa: 877. Meydan Yayınevi, Cağaloğlu, İstanbul.
- Anonymous,** 1986. Ana Britannica Genel Kültür Ansiklopedisi. 19. Cilt, sayfa: 8. Ana yayıncılık A. Ş. ve Encyclopaedia Britannica, Inc.
- Anonymous,** 2002a. salep zamanı geliyor.
<http://www.milliyet.com.tr/2000/11/22/yasam/zsantarli.html>
- Anonymous,** 2002b. Orchids. <http://www.herbs.org/current/albania.htm>
- Anonymous,** 2002c. Salep.
http://www.turkiyeonline.com/lezzet_mekan/meraklisina/salep/index.php
- Anonymous,** 2002d. Harem's drink. <http://www.cse.uiuc.edu/~ungor/drinks.html>
- Anonymous,** 2002e.Orchid.
http://magdalin.com/herbal/plants_pages/n&o/orchid.htm

- Anonymous**, 2002e. http://www.iucn.org/info_and_news/press_releases/orchid_notes.html.
- Anonymous**, 2003a. http://www.cargillfoods.com/products/product_starch.html.
- Anonymous**, 2003b. http://www.amylum.com/products/food_starches/about.asp.
- Anonymous**, 2003c. Food starches. <http://www.cerestar.com>
- Belitz, H.D. and Grosch, W.**, 1999. Food Chemistry, Chapter: 4, Springer, New York. p:296-308.
- Birer, S.**, 1986. Yiyeceklerimizin içinde kullandığımız baharatlar ve özellikleri, *Gıda Dergisi*, **11**(1): 51.
- Bourne, M.C.**, 1982. Food texture and viscosity: Concept and Measurement. Academic Press, London.
- Chen, C.R. and Ramaswamy, H.S.**, 1999. Rheology of Tapioca starch, *Food Research International*, **32**(5): 319-325.
- Christianson, D.D., Hodge J.E., Osborne, D. and Detroy, R.W.** 1981. Gelatinization of wheat starch as modified by xanthan gum, guar gum, and cellulose gum, *Cereal Chemistry*, **58**(6): 513-517.
- Coninck, V. de, Vanhemelrijk, J. and Peremans, J.**, 1995. Modified HP-starches: advantages in manufacturing and texture of processed food, *Food Marketing & Technology*, **9**(1): 5-6, 8.
- Cottrell, J.I.L., Pass, G. and Phillips, G.O.**, 1980. The effect of stabilisers on the viscosity of an ice cream mix, *Journal of The Science of Food and Agriculture*, **31**(10): 1066-1070.
- Crochan, M.**, 1997. Dairy-developing healthy products, *Food Processing-UK*, **66**(7): 11-12.
- Crocker, A. P.**, 1976. Development of a ready-prepared pourable dairy custard. *Australian Journal of Dairy Technology*, **31**(1):27-31.
- Çağlarırnak, N. ve Çakmaklı, Ü.** 1993. Değişik Modifiye Nişastaların Üretiminde Kimyasal Prensipler, *Gıda* (1993), **18** (2):131-137.
- Çakır, C.T.**, 2002. Warm winters drink. [http:// www. hho.edu.tr/wings/sahlep.htm](http://www.hho.edu.tr/wings/sahlep.htm)
- Descamps, O., Langevin, P. and Combs, D.H.** , 1986. Physical effect of starch/carrageenan interactions in water and milk, *Food Technology*, **40**(4): 81-86, 88.
- Dolz, M., Gonzalez, F., Herraiz, M. and Diez-Sales, O.**, 1994. The influence of starch on the rheological behaviour of microcrystalline cellulose hydrogels, *Journal of Dispersion Science and Technology*, **15**(2):189-205.
- Dorp, M. von and Corinck, V. de**, 1997. Modified starches, *Food Processing-UK*, **66**(7): 20-21.
- Doublier, J. L., Paton, D. and Llamas, G.**, 1987. A rheological investigation of oat starch pastes, *Cereal Chemistry*, **64**(1): 21-26.

- Durmuş E. F., Lokumcu, F. ve Evranuz, Ö.,** 2002. Erik püresinin reolojik karakterizasyonu, Türkiye 7. Gıda Kongresi, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Müh. Böl., Ankara, 22-24 Mayıs, s. 247-255.
- Dzuy-Nguyen, Q., Jensen, C.T.B. and Kristensen, P.G.,** 1998. Experimental and modelling studies of the flow properties of maize and waxy maize starch pastes, *Chemical Engineering Journal*, **70**(2): 165-171.
- Eliasson, A.C. ,** 1987. Viscoelastic behaviour during the gelatinization of starch. II. Effects of emulsifiers, *Journal of Texture Studies*, **17**(4):357-375.
- Freedman, R.,** 2002.
http://hort.purdue.edu/newcrop/faminefoods/ff_families/ORCHIDACEAE.html
- Güngör, N.,** 2002.
http://www.milliyet.com.tr/ekler/gazete_pazar/000326/haber/orkide.html
- Hamza-Chaffai, A.,** 1990. Effect of manufacturing conditions on rheology of Banana Gelified Milk: optimization of the technology, *Journal of Food Science*, **55**(6): 1630-1633.
- Hegedusic, V., Pilizota, V. and Subaric, D. ,** 1994. Rheological and thermophysical properties of model ice cream mixtures, *Prehrambeno Tehnoloska i Biotehnoloska Revija*, **32**(2/3): 67-70.
- Hendrikx, P.,** 1999. Keep it simple with tapioca, *Food Manufacture*, **74**(10): 38-39.
- Hoover, R. And Vasanthan, T.,** 1995. The flow properties of native, heat moisture treated and annealed starches from wheat, oat, potato and lentil, *IFT Annual Meeting*, Canada.
- Hui, Y. H.,** 1992. Encyclopedia of Food Science and Technology. Volume: 4, p:2418-2424. John Wiley & Sons, Inc. , New York.
- Karaoğlu, M.M. ve Kotancılar, H.G.,** 2002. Farklı modifiye yöntemlerinin nişastanın fizikokimyasal ve termoanalitik özellikleri üzerine etkisi, Hububat 2002 Hububat Ürünleri Teknolojisi Kongre ve Sergisi, Gaziantep Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Gaziantep, 3-4 Ekim 2002, s. 289-299.
- Kaya, S. and Tekin, A.R.,** 2001. The effect of salep content on the rheological characteristics of a typical ice-cream mix, *Journal of Food Engineering*, **47**(2001) :59-62.
- Kaya, S.,** 2001. The effect of salep and locust bean gum concentration on the rheological characteristics of a Turkish-type ice-cream mixture, *International Animal Agriculture and Food Science Conference*, Indianapolis, USA, July 24-28.
- Keeney, P.G.,** 1982. Development of frozen emulsions, *Food Technology*, **36**(11): 65-70.
- Keskin, H. ve Erkman, G.,** 1987. Besin Kimyası. Bölüm: 5, Karbonhidratlar. 5. baskı, Güryay Matbaacılık Tic. Ltd. Şti. , İst.
- Kim, H. R.,** 1993. Physicochemical properties of hydroxypropyl potato starch, *Thesis, Dissertation Abstracts International*, **53**(4):650.

- Kisselburgh, A.B.,** 1982. Recombination of butter and ice cream, *Bulletin International Dairy Federation*, No. 142, 138.
- Kreutz, K.A.J.,** 2002. Türkiye'nin Orkideleri, Salep, Dondurma ve Katliyam. Boyla, K. A. *Yeşil Atlas*, 5: 98-109.
- Kuhn, K. and Schlauch, S.,** 1994. Comparative study about commercially available starches for high shear and high temperature applications in foods, *Starch*, 46(6):208-218.
- Kuldip, S., Jiwan, S., Gurmail, S. and Singh, A.K.,** 2002. Flow behaviour characteristics of ice cream mix made with buffalo milk and various stabilizers, *Plant Foods for Human Nutrition*, 57(1): 25-40.
- Linfeng, W. and Ya-Jane, W.,** 2001. Structures and physicochemical properties of acid-thinned corn, potato and rice starches, *Starch*, 53(11): 570-576.
- Lokumcu, F.,** 2000. Tahinin Reolojik Karakterizasyonu, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Lokumcu, F., Durmuş E.F., ve Evranuz, Ö.,** 2002. İstanbul Bölgesinde satışa sunulan bazı ayranların reolojik özelliklerinin tespiti, Türkiye 7. Gıda Kongresi, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Müh. Böl., Ankara, 22-24 Mayıs 2002, s. 257-265.
- Macrae, R., Robinson, R.K. and Sadler, M.J.,** 1993. Encyclopedia of Food Science Food Technology and Nutrition. Volume:7. Academic Press, New York. P: 4372-4390.
- Marcotte, M., Taherian, R.R., Trigui, M. And Ramaswamy, H.S.,** 2001. Evaluation of rheological properties of selected salt enriched food hydrocolloids, *Journal of Food Engineering*, 48(2): 157-167.
- Mleko, S. and Gustaw, W.,** 2002. Rheological changes due to substitution of total milk proteins by whey proteins in dairy desserts, *Journal of Food Science and Technology*, 39(2): 170-172.
- Mortier, J.N.,** 2000. Ingredients and Additives in Cake and Biscuit Making Glucose Syrups, Starches and Derivatives, *Italian Food and Beverage Technology*, 21(2000) September: 5-12.
- Mottar, J.,** 1989. The use of wheat starch in UHT milkdesserts. *Food Ingredients Europe Conference Proceedings*, Paris, 27, 28, 29 September 1989.
- Murphy, P.,** 1997. Texture solution for instant drinks, *European Dairy Magazine*, 3: 45-46.
- Nadison, J.,** 1995. The interaction of carrageenan and starch in cream dessert, *Scandinavian Dairy Information*, 9(2): 24-25.
- Nurul, I. M., Azemi, B. M.N.M. and Manan, D.M.A.,** 1999. Rheological behaviour of sago (Metroxylon sago) starch paste, *Food Chemistry*, 64(4): 501-505.
- Ova, G. ve Erkek, J.,** 2002. Nişasta esaslı gıdalarda doku ve ölçümü, Hububat 2002 Hububat Ürünleri Teknolojisi Kongre ve Sergisi, Gaziantep Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Gaziantep, 3-4 Ekim 2002, s. 566-573.

- Pomeranz, Y.**,1985. Functional properties of food components. Chapter 2, 3. Academic Press, Inc., New York
- Pszczola, D.E.**,1999. Starches and gums move beyond fat replacement, *Food Technology*, **53**(8):74-76, 78, 80.
- Pyler, E.J.**, 1988. The Carbohydrates. Chapter in Baking Science and Technology. Volume:1. 3. edition, p:22-25. Sosland Publishing Company, Kansas.
- Rao, M.A. , Okechukwu, P.E., Silva, P.M.S. and Oliveira, J.C.**, 1997. Rheological behaviour of heated starch dispersions in excess water: role of starch granule, *Carbohydrate-Polymers*, **33** (4): 273-283.
- Rao, M.A.**, 1999. Rheology of fluid and semisolid foods, principles and applications. Aspen Publishers, Maryland.
- Rosenthal, A. J. ,** 1999. Food Texture: Measurement and Perception. P: 153. Aspen Publishers, Inc. , A.B.D.
- Smith, C.A.**, 1999. Measurement & Perception: Starch-based foods. Andrew J. Rosenthal. Chapter: 6, p: 152. Aspen Publishers, Inc. A.B.D.
- Sopade, P.A. and Filibus, T.E. ,** 1995. The influence of solid and sugar contents on rheological characteristics of akamu, a semi-liquid maize food, *Journal of Food Engineering*, **24**(2): 197-211.
- Srivastava, M.C. and Patel, M.M.**, 1973. Viscosity stabilization of tapioca starch. *Starch*, **25**(1):17-21.
- Steffe, J.F.**, 1992. *Rheological Methods in Food Process Engineering*. Freeman Press, Michigan.
- Stockwell, A.**, 2002. At the heart of grain. *Baking& Snack*. December: 1.
- Tekfidan, N.**, 2001. Bir içim sıcaklık: salep, *Skylife*:
(<http://www.atamanhotel.com/tr/salep.html>)
- Thebaudin, J.Y., Lefebvre, A.C. and Doublier, J.L.**, 1998. Rheology of starch pastes from starches of different origins: applications to starch-based sauces, *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, **31**(4): 354-360.
- Vries, J.A. de**, 1998. Instant potato starch products with increased gelling capacity. *Food Ingredients Europe Conference Proceedings*. ISBN 90-73220-15-7.
- Wedzicha, B.**, 2001. Food Chemistry Lecture Notes. The University of Leeds, England.
- White, P.J. , Abbas, I.R. and Johnson, L.A.**, 1989. Freeze- thaw stability and refrigerated-storage retrogradation of starches, *Starch*, **41**(5):176-180.
- Wootton, M. and Bamunuarachchi, A.**, 1979. Application of differential scanning calorimetry to starch gelatinization. I. Commercial and native starches, *Starch*, **31**(6):201-204.
- Yavuz, M.**, 2001. Bozanın Reolojik Karakterizasyonu, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Zhenmiao, X. and Raphaelides, S.N.**, 1998. Flow behaviour of concentrated starch dispersions using a tube rheometer of novel design, *Journal of Texture Studies*, **29**(1): 1-13.
- Zorba, M.**, 2001. Gamlar, Gıda Katkı Maddeleri, s. 79-106, ed. Altuğ T., Meta Basım, İzmir.

EKLER

EK A

Tablo A.1. “Instant” salep içeceklerinin duysal analizinde kullanılan duysal panel formu

İ.T.Ü. Kimya-Metalürji Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü			
Örnek: Salep İçeceği Panelist: Yaş: Cinsiyet: Tarih:			
Size verilen örnekleri tattıktan sonra lütfen tercihinize göre en çok beğendiğinize 1, en az beğendiğinize 8 vererek sıralayınız.			
	Özellik		
Örnekler	Kıvam	Lezzet	Tüm İzlenim
217			
391			
481			
569			
618			
735			
856			
Yorumlar:			

Tablo A.2. UHT ve pişirilerek hazırlanan salep içeceklerinin duyu analizinde kullanılan duyu panel formu

İ.T.Ü. Kimya-Metalürji Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü			
Örnek: Salep İçeceği Panelist: Yaş: Cinsiyet: Tarih:			
Size verilen örnekleri tattıktan sonra lütfen tercihinize göre en çok beğendiğinize 1, en az beğendiğinize 2 vererek sıralayınız.			
Özellik			
Örnekler	Kıvam	Lezzet	Tüm İzlenim
173			
265			
Yorumlar:			

Size verilen örnekleri tattıktan sonra lütfen tercihinize göre en çok beğendiğinize 1, en az beğendiğinize 3 vererek sıralayınız.			
Özellik			
Örnekler	Kıvam	Lezzet	Tüm İzlenim
348			
476			
512			
Yorumlar:			

Tablo A.3. UHT sıvı salep içeceklerinin duyu analizi sonuçlarının değerlendirilmesi

Panelistler	Salep örnekleri (kıvam tercihi)		Salep örnekleri (lezzet tercihi)		Salep örnekleri (tüm izlenim)	
	173 (B marka)	265(A marka)	173	265	173	265
1	2	1	2	1	2	1
2	2	1	1	2	1	2
3	2	1	2	1	2	1
4	2	1	2	1	2	1
5	2	1	2	1	2	1
6	1	2	1	2	1	2
7	2	1	2	1	2	1
8	1	2	2	1	2	1
9	2	1	2	1	2	1
10	1	2	2	1	2	1
11	2	1	2	1	2	1
12	2	1	1	2	1	2
13	2	1	1	2	1	2
14	2	1	2	1	2	1
15	1	2	2	1	2	1
16	2	1	2	1	2	1
17	2	1	2	1	2	1
18	2	1	2	1	2	1
19	2	1	2	1	2	1
20	2	1	2	1	2	1
Toplam	36	24	36	24	36	24

%95 olasılıkla 265 nolu örnek kıvam açısından tercih edilmektedir.

Örneklerin tercihinde farklılık olduğu anlaşılmıştır.

2 işlem ve 20 tekrara karşılık gelen üst değerler % 5 güven eşiğinde 26-34 olarak saptanmıştır.

%95 olasılıkla 265 nolu örnek lezzet açısından tercih edilmektedir.

Örneklerin tercihinde farklılık olduğu anlaşılmıştır.

2 işlem ve 20 tekrara karşılık gelen üst değerler % 5 güven eşiğinde 26-34 olarak saptanmıştır.

%95 olasılıkla 265 nolu örnek tüm izlenim açısından tercih edilmektedir.

Örneklerin tercihinde farklılık olduğu anlaşılmıştır.

2 işlem ve 20 tekrara karşılık gelen üst değerler % 5 güven eşiğinde 26-34 olarak saptanmıştır.

Tablo A.4. Pişirilerek hazırlanan salep içeceklerinin duyusal analiz sonuçlarının değerlendirmesi

Panelistler	Salep örnekleri (kıvam tercihi)			Salep örnekleri (lezzet tercihi)			Salep örnekleri (tüm izlenim)		
	348 (D marka)	476 (C marka)	512 (E marka)	348	476	512	348	476	512
1	2	1	3	2	1	3	2	1	3
2	1	2	3	1	2	3	1	2	3
3	1	2	3	3	1	2	3	1	2
4	1	2	3	1	2	3	1	2	3
5	2	1	3	2	3	1	2	3	1
6	2	1	3	2	1	3	2	1	3
7	2	1	3	2	1	3	2	1	3
8	3	1	2	3	2	1	3	2	1
9	2	1	3	1	2	3	1	2	3
10	1	2	3	2	1	3	2	1	3
11	1	2	3	1	2	3	1	2	3
12	1	3	2	2	1	3	1	2	3
13	2	1	3	2	1	3	2	1	3
14	3	1	2	3	1	2	3	1	2
15	2	3	1	1	2	3	1	3	2
16	3	1	2	2	1	3	2	1	3
17	1	2	3	3	1	2	3	1	2
18	1	2	3	3	1	2	3	1	2
19	1	2	3	3	1	2	3	1	2
20	1	2	3	3	1	2	3	1	2
Toplam	33	33	54	42	28	50	41	30	49

%95 olasılıkla 348 ve 476 nolu örnek kıvam açısından aynı oranda (tercihler arasında fark yoktur) tercih edilmektedir. 3 işlem ve 20 tekrara karşılık gelen üst değerler % 5 güven eşiğinde 34-46 olarak saptanmıştır.

%95 olasılıkla 476 nolu örnek lezzet açısından tercih edilmektedir. 3 işlem ve 20 tekrara karşılık gelen üst değerler % 5 güven eşiğinde 34-46 olarak saptanmıştır.

%95 olasılıkla 476 nolu örnek tüm izlenim açısından tercih edilmektedir. 348 ve 512 numaralı örneklerin tercihinde farklılık olmadığı saptanmıştır. 3 işlem ve 20 tekrara karşılık gelen üst değerler % 5 güven eşiğinde 34-46 olarak saptanmıştır.

Tablo A.5. “Instant” salep içeceklerinin duysal analiz sonuçlarının değerlendirilmesi (kıvam tercihi)

	Salep örnekleri (kıvam tercihi)						
	H	L	F	G	J	K	I
Panelistler	217	391	481	569	618	735	856
1	5	7	1	2	4	6	3
2	1	5	4	3	2	6	7
3	6	5	1	3	7	4	2
4	2	7	1	3	4	5	6
5	1	7	2	3	4	6	5
6	1	7	3	4	2	6	5
7	2	7	1	5	3	4	6
8	5	7	2	6	4	1	3
9	3	7	6	2	1	5	4
10	1	5	4	3	2	7	6
11	7	6	3	2	4	1	5
12	1	7	5	3	2	6	4
13	1	6	4	3	2	7	5
14	1	7	3	5	2	6	4
15	4	7	1	6	2	5	3
16	7	2	3	4	6	1	5
17	2	7	3	4	1	6	5
18	4	5	1	3	2	7	6
19	1	7	4	3	2	5	6
20	4	5	3	2	1	7	6
Toplam	59	123	55	69	57	101	96

Sonuç:

%95 olasılıkla 481 nolu örnek kıvam açısından tercih edilmektedir. Örneklerin tercihinde farklılık olduğu anlaşılmıştır.

7 işlem ve 20 tekrara karşılık gelen üst değerler % 5 güven eşiğinde 65-95 olarak saptanmıştır.

Tablo A.6. “Instant” salep içeceklerinin duyusal analiz sonuçlarının değerlendirilmesi (Lezzet tercihi)

	Salep örnekleri (lezzet tercihi)						
Panelistler	217	391	481	569	618	735	856
1	4	7	2	3	1	5	6
2	2	7	4	3	1	5	6
3	4	5	1	3	6	2	7
4	4	7	2	5	3	1	6
5	2	6	1	7	3	5	4
6	2	7	3	4	1	6	5
7	1	6	2	7	5	3	4
8	5	7	2	6	4	1	3
9	4	7	6	2	1	5	3
10	1	3	2	4	5	7	6
11	2	7	4	3	5	1	6
12	2	7	3	4	1	5	6
13	1	7	5	2	4	6	3
14	1	7	3	5	2	6	4
15	4	7	1	6	2	5	3
16	3	7	1	6	4	2	5
17	1	7	3	5	2	4	6
18	2	5	1	3	4	7	6
19	2	7	1	4	5	3	6
20	4	6	1	2	3	7	5
Toplam	51	129	48	84	62	86	100

Sonuç:

%95 olasılıkla 481 nolu örnek kıvam açısından tercih edilmektedir. Örneklerin tercihinde farklılık olduğu anlaşılmıştır.

7 işlem ve 20 tekrara karşılık gelen üst değerler % 5 güven eşiğinde 65-95 olarak saptanmıştır.

Tablo A.7. “Instant” salep içeceklerinin duyusal analiz sonuçlarının değerlendirmesi (Tüm izlenim)

	Salep örnekleri (tüm izlenim)						
Panelistler	217	391	481	569	618	735	856
1	5	7	1	2	3	4	6
2	2	7	4	3	1	5	6
3	4	6	1	3	5	2	7
4	3	7	1	2	4	5	6
5	1	7	2	6	3	5	4
6	1	7	3	4	2	6	5
7	1	4	2	7	5	3	6
8	5	7	2	6	4	1	3
9	4	7	6	2	1	5	3
10	1	3	2	4	5	6	7
11	5	7	3	2	4	1	6
12	2	6	3	4	1	5	7
13	1	6	5	3	2	7	4
14	1	7	3	5	2	6	4
15	4	7	1	6	3	5	2
16	3	7	2	6	5	1	4
17	1	7	3	5	2	4	6
18	2	5	1	3	4	7	6
19	2	7	1	4	5	3	6
20	4	5	1	2	3	7	6
Toplam	52	126	47	79	64	88	104

Sonuç:

%95 olasılıkla 481 nolu örnek tüm izlenim açısından tercih edilmektedir.569 ve 735 numaralı örneklerin tercihinde % 95 olasılıkla farklılık olmadığı anlaşılmıştır. 7 işlem ve 20 tekrara karşılık gelen üst değerler % 5 güven eşiğinde 65-95 olarak saptanmıştır.

ÖZGEÇMİŞ

19.01.1978 tarihinde Ankara’da doğdu. Orta ve lise öğrenimini Fenerbahçe Lisesi’nde tamamladı. 2000 yılında İTÜ Gıda Mühendisliği Bölümü’nden mezun oldu. 2000 yılında aynı bölümde yüksek lisans eğitime başladı. 15.02.2001 tarihinde İTÜ Gıda Mühendisliği Bölümü Gıda Teknolojisi Ana Bilim Dalı’na Araştırma Görevlisi olarak atandı. Aynı bölümde Food Technology, Hububat Teknolojisi, Food Engineering Design 1, Gıda Mühendisliği Laboratuvarı ve Gıda Ambalajlama derslerini asiste etmektedir.