



Ekzopolisakkarit (EPS) üreten laktik asit bakterilerinin bazı gıdaların tekstürel, reolojik ve mikroyapısal özelliklerine etkisi

Program Kodu: 1001

Proje No: 1120169

**Proje Yürütücüsü:
Doç. Dr. Mustafa Tahsin Yılmaz**

Araştırmacılar:

**Prof. Dr. Hasan YETİM
Prof. Dr. Muhammet ARICI
Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ**

Danışmanlar:

Prof. Dr. Hasan YETİM

Bursiyerler:

**Arş. Gör. Hasan CANKURT
Arş. Gör. Ömer Said TOKER
Nevruz Berna TATLISU
Elif ÇAKIR**

KASIM 2014
İSTANBUL



ÖNSÖZ

TÜBİTAK – 1001- Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Projelerini Destekleme Programı kapsamında 01.11.2012 – 01.11.2014 tarihleri arasında 112O169 proje nolu 'Ekzopolisakkarit (eps) üreten laktik asit bakterilerinin bazı gıdaların tekstürel, reolojik ve mikroyapısal özelliklerine etkisi' adlı, Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya - Metalurji Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü'ne tanımlanan, projenin araştırmaları tamamlanmıştır. Projenin gerçekleşmesini sağlayan TÜBİTAK TOVAG' a maddi destek ve teşviklerinden dolayı teşekkür ederim.

Doç. Dr. Mustafa Tahsin Yılmaz
Proje Yürütücüsü



İÇİNDEKİLER

	ÖNSÖZ	ii
	TABLolar LİSTESİ	v
	ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
	ÖZET	xii
	ABSTRACT	xiii
1	GİRİŞ	1
2	LİTERATÜR ÖZETİ	1
2.1	Laktik asit bakterilerinin Önemi	2
2.2	Ekzopolisakkaritler	2
2.3	Ekzopolisakkarit Üreten Laktik Asit Bakterilerin Kullanımının	4
3	GEREÇ ve YÖNTEMLER	10
3.1	Gereçler	10
3.2	Yöntem	10
3.2.1	Dondurma Örneklerinin Hazırlanması ve Dondurma Örneklerinin Analizleri	11
3.2.1.2	Dondurma Örneklerinin Fizikokimyasal, Mikrobiyolojik, Mikroyapısal, Duyusal ve İstatistik Analizleri	13
3.2.1.3	Dondurma Örneklerinin Reolojik Analizleri	16
3.2.1.3.1	Örneklerin Yatışkan Fazdaki Özelliklerinin Belirlenmesi	16
3.2.1.3.2	Dynamic shear (Dinamik titreşimli kayma) Akış Davranış Özelliklerinin Belirlenmesi	16
3.2.1.3.3	Creep-recovery (Sürünme toparlanması) davranış özelliklerinin belirlenmesi	17
3.2.1.4	Dondurma Örneklerinin EPS Miktarlarının Belirlenmesi	18
3.2.2	Ayran Örneklerinin Hazırlanması ve Ayran Örneklerinin Analizleri	19
3.2.2.1	Ayran Örneklerinin Hazırlanması	20
3.2.2.2	Ayran Örneklerinin Fizikokimyasal, Mikrobiyolojik, Mikroyapısal Duyusal ve İstatistik Analizleri	20
3.2.2.3	Ayran Örneklerinin Reolojik Analizleri	22
3.2.3	Sucuk Örneklerinin Hazırlanması ve Sucuk Örneklerinin Analizleri	22
3.2.3.1	Sucuk Örneklerinin Hazırlanması	22
3.2.3.2	Ayran Örneklerinin Fizikokimyasal, Mikrobiyolojik, Mikroyapısal Duyusal ve İstatistik Analizleri	25
3.2.3.3	Sucuk Örneklerinin Tekstürel Analizleri	27
4	BULGULAR	28
4.1	Dondurma Örneklerinin Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri	28
4.1.1	Dondurma Formülasyonunda Kullanılan Hammaddelerin Özellikleri	28
4.1.2	Dondurma Örneklerinin Fizikokimyasal, Mikrobiyolojik ve Duyusal	29

	Özellikleri	
4.1.3	Dondurma Örneklerinde Bulunan EPS Miktarı	37
4.1.4	Dondurma Mikslerinin Reolojik Özellikleri	39
4.1.4.1	Dondurma Mikslerinin Yatışkan Fazdaki Reolojik Özellikleri	39
4.1.4.2	Dondurma Mikslerinin Dinamik Fazdaki Reolojik Özellikleri	52
4.1.4.3	Dondurma Mikslerinin Sürünme Toparlanma Reolojik Özellikleri	66
4.1.5	Dondurma Örneklerinin Mikroyapısal Özellikleri	78
4.2	Ayran Örneklerinin Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri	80
4.2.1	Ayran Üretiminde Kullanılan Kültürlerin Mikrobiyolojik Özellikleri	80
4.2.2	Ayran Örneklerinin Fizikokimyasal, Mikroyapısal, Mikrobiyolojik ve Duyusal Özellikleri	80
4.2.3	Ayran Örneklerinin EPS Miktarları	84
4.2.4	Ayran Örneklerinin Reolojik Özellikleri	86
4.2.4.1	Ayran Örneklerinin Yatışkan Fazdaki Reolojik Özellikleri	86
4.2.4.2	Ayran Örneklerinin Dinamik Fazdaki Reolojik Özellikleri	98
4.2.4.3	Ayran Örneklerinin Sürünme Toparlanma Reolojik Özellikleri	111
4.2.5	Ayran Örneklerinin Mikroyapısal Özellikleri	123
4.3	EPS Üreten Farklı Suşlar Kullanılarak Üretilen Sucukların Fizikokimyasal, Mikrobiyolojik, Tekstürel ve Mikroyapısal Özellikleri	125
4.3.1	Sucuk Üretiminde Kullanılan Hammaddelerin Bazı Özellikleri	125
4.3.2	Sucuk Örneklerinin Fizikokimyasal, Mikroyapısal, Mikrobiyolojik ve Duyusal Özellikleri	125
4.3.3	Sucuk Örneklerinde Bulunan EPS Miktarı	132
4.3.4	Sucuk Örneklerinin Tekstürel Özellikleri	135
4.3.5	Sucuk Örneklerinin Mikroyapısal Özellikleri	145
	REFERANSLAR	147



TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.	Dondurma üretiminde kullanılan inkübasyon şartları	10
Tablo 2.	Dondurma örnekleri için kullanılan duyuşal analiz formu	15
Tablo 3.	Ayran örnekleri için kullanılan duyuşal analiz formu	21
Tablo 4	Sucuk örneklerine ait deneme dizaynı	24
Tablo 5.	Sucuk örnekleri için kullanılan duyuşal analiz formu	26
Tablo 6.	Dondurma formülasyonunda kullanılan hammaddelerin bazı özellikleri	28
Tablo 7.	Dondurma örneklerinin pH, kurumadde, yağ, protein, hacim artışı ve mikrobiyolojik değerleri	30
Tablo 8.	Dondurma örneklerine ait duyuşal analiz değerleri	34
Tablo 9.	Dondurma mikslerinin EPS miktarları (mg/L)	37
Tablo 10.	Dondurma mikslerinin EPS miktarları için oluşturulan modellerin F değerleri	38
Tablo 11.	Suş 1 kullanılarak üretilen dondurma mikslerine ait model parametreleri ve η_{50} değerleri	40
Tablo 12.	Suş 1 kullanılarak üretilen dondurmalar için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri	41
Tablo 13.	Suş 2 kullanılarak üretilen dondurma mikslerine ait model parametreleri ve η_{50} değerleri	42
Tablo 14.	Suş 2 kullanılarak üretilen dondurmalar için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri	44
Tablo 15.	Suş 3 kullanılarak üretilen dondurma mikslerine ait model parametreleri ve η_{50} değerleri	46
Tablo 16.	Suş 3 kullanılarak üretilen dondurmalar için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri	47
Tablo 17.	Suş 4 kullanılarak üretilen dondurma mikslerine ait model parametreleri ve η_{50} değerleri	49
Tablo 18.	Suş 4 kullanılarak üretilen dondurmalar için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri	50
Tablo 19	Suş 1 ile hazırlanan dondurma mikslerinin K' , n' , K'' , n'' ve 5.38 frekanstaki G' ve G'' değerleri	53
Tablo 20	Suş 1 kullanılarak üretilen dondurmalar için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri	53
Tablo 21.	Suş 2 ile hazırlanan dondurma mikslerinin K' , n' , K'' , n'' ve 5.38 frekanstaki G' ve G'' değerleri	56
Tablo 22.	Suş 2 kullanılarak üretilen dondurmalar için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri	57
Tablo 23.	Suş 3 ile hazırlanan dondurma mikslerinin K' , n' , K'' , n'' ve 5.38 frekanstaki G' ve G'' değerleri	60
Tablo 24.	Suş 3 kullanılarak üretilen dondurmalar için oluşturulan	61

	modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri	
Tablo 25.	Suş 4 ile hazırlanan dondurma mikslarının K' , n' , K'' , n'' ve 5.38 frekanstaki G' ve G'' değerleri	63
Tablo 26.	Suş 4 kullanılarak üretilen dondurmalar için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri	64
Tablo 27.	Suş 1 ile hazırlanan dondurma mikslarına ait J_{max} ve J_{sonsuz} değerleri	67
Tablo 28.	Suş 1 kullanılarak üretilen dondurmalar için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri	
Tablo 29.	Suş 2 ile hazırlanan dondurma mikslarına ait J_{max} ve J_{sonsuz} değerleri	69
Tablo 30.	Suş 2 kullanılarak üretilen dondurmalar için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri	70
Tablo 31.	Suş 3 (kontrol) ile hazırlanan dondurma mikslarına ait J_{max} ve J_{sonsuz} değerleri	72
Tablo 32.	Suş 3 (kontrol suşu) kullanılarak üretilen dondurmalar için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri	73
Tablo 33.	Suş 4 ile hazırlanan dondurma mikslarına ait J_{max} ve J_{sonsuz} değerleri	75
Tablo 34.	Suş 4 kullanılarak üretilen dondurmalar için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri	76
Tablo 35.	Dondurma formülasyon bileşenlerinin bazı özellikleri	80
Tablo 36.	Ayran örneklerinin pH, kurumadde, yağ, protein, titrasyon asitliği ve mikrobiyolojik değerleri	80
Tablo 37.	Ayran örneklerine ait duyu analizi değerleri	83
Tablo 38.	Ayran örneklerinin eps miktarları (mg/L)	84
Table 39.	Ayran suşları için oluşturulan modellerin F değerleri	85
Tablo 40.	Suş 1 kullanılarak üretilen ayran örneklerine ait model parametreleri ve η_{50} değerleri	87
Tablo 41.	Suş 1 kullanılarak üretilen üretilen ayran örnekleri için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri	88
Tablo 42.	Suş 2 kullanılarak üretilen ayran örneklerine ait model parametreleri ve η_{50} değerleri	90
Tablo 43.	Suş 2 kullanılarak üretilen üretilen ayran örnekleri için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri	91
Tablo 44.	Suş 3 kullanılarak üretilen ayran örneklerine ait model parametreleri ve η_{50} değerleri	93
Tablo 45.	Suş 3 kullanılarak üretilen ayran örnekleri için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri	94
Tablo 46.	Suş 4 kullanılarak üretilen ayran örneklerine ait model parametreleri ve η_{50} değerleri	96

Tablo 47.	Suş 4 kullanılarak üretilen ayran örnekleri için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri	97
Tablo 48.	Suş 1 ile hazırlanan ayran örneklerine ait K' , n' , K'' , n'' ve 5.38 frekanstaki G' ve G'' değerleri	99
Tablo 49.	Suş 1 kullanılarak üretilen ayran örnekleri için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri	100
Tablo 50.	Suş 2 ile hazırlanan ayran örneklerine ait K' , n' , K'' , n'' ve 5.38 frekanstaki G' ve G'' değerleri	102
Tablo 51.	Suş 2 kullanılarak üretilen ayran örnekleri için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri	103
Tablo 52.	Suş 3 ile hazırlanan ayran örneklerine ait K' , n' , K'' , n'' ve 5.38 frekanstaki G' ve G'' değerleri	106
Tablo 53.	Suş 3 kullanılarak üretilen ayran örnekleri için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri	106
Tablo 54.	Suş 3 ile hazırlanan ayran örneklerine ait K' , n' , K'' , n'' ve 5.38 frekanstaki G' ve G'' değerleri	109
Tablo 55.	Suş 4 kullanılarak üretilen ayran örnekleri için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri	109
Tablo 56.	Suş 1 ile hazırlanan ayran örneklerine ait J_{max} ve J_{sonsuz} değerleri	112
Tablo 57.	Suş 1 kullanılarak üretilen ayran örnekleri için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri	112
Tablo 58.	Suş 2 ile hazırlanan ayran örneklerine ait J_{max} ve J_{sonsuz} değerleri	114
Tablo 59.	Suş 2 kullanılarak üretilen ayran örnekleri için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri	115
Tablo 60.	Suş 3 ile hazırlanan ayran örneklerine ait J_{max} ve J_{sonsuz} değerleri	117
Tablo 61.	Suş 3 kullanılarak üretilen ayran örnekleri için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri	118
Tablo 62.	Suş 4 ile hazırlanan ayran örneklerine ait J_{max} ve J_{sonsuz} değerleri	120
Tablo 63.	Suş 4 kullanılarak üretilen ayran örnekleri için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri	121
Tablo 64.	Sucuk örneklerinin formülasyon bileşenlerinin fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri	125
Tablo 65.	Sucuk örneklerinin pH, kurumadde, yağ, protein, ve mikrobiyolojik değerleri	126
Tablo 66.	Çiğ sucuk örneklerinin duyuşal özellikleri	129
Tablo 67.	Pişmiş sucuk örneklerinin duyuşal özellikleri	131
Tablo 68.	Sucuk örneklerine ait EPS değerleri	132

Table 69.	Sucuk örneklerinin EPS miktarı için oluşturulan modellerin F değerleri	133
Tablo 70.	Farklı fermantasyon koşullarında farklı kültürler kullanılarak üretilen sucukların tekstürel özellikleri	136
Tablo 71.	Farklı fermantasyon koşullarında farklı kültürler kullanılarak üretilen sucukların tekstürel özelliklerine ait model parametrelerinin F değerleri	138



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.	Dondurma üretim akış şeması	12
Şekil 2.	Fenol testi için elde edilen kalibrasyon grafiği	19
Şekil 3.	Ayran üretim akış şeması	20
Şekil 4.	Sucuk üretim akış şeması	23
Şekil 5.	İklimlendirme kabinine asılı sucuk batonu	24
Şekil 6.	Dondurma suşlarının EPS değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi	38
Şekil 7.	<i>S.thermophilus</i> 1 (suş 1) kullanılarak üretilen dondurma mikslerine ait kesme hızına karşılık kayma basıncı grafiği	40
Şekil 8.	Suş 1 ile üretilen K , n ve η_{50} değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi	41
Şekil 9.	<i>S.thermophilus</i> 2 (suş 2) kullanılarak üretilen dondurma mikslerine ait kesme hızına karşılık kayma basıncı grafiği	42
Şekil 10.	Suş 2 ile üretilen dondurma mikslerine ait K , n ve η_{50} değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi	45
Şekil 11.	<i>S.thermophilus</i> 3 (kontrol suşu) kullanılarak üretilen dondurma mikslerine ait kesme hızına karşılık kayma basıncı grafiği	46
Şekil 12.	Suş 3 ile üretilen dondurma mikslerine ait K , n ve η_{50} değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi	48
Şekil 13.	Suş 4 (suş 1 + suş 2) kullanılarak üretilen dondurma mikslerine ait kesme hızına karşılık kayma basıncı grafiği	49
Şekil 14.	Suş 4 ile üretilen dondurma mikslerine ait K , n ve η_{50} değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi	51
Şekil 15.	Suş 1 ile hazırlanan dondurma mikslerinin açısız hıza bağlı olarak G' (kapalı sembol) ve G'' (açık sembol) değerlerindeki değişim	52
Şekil 16.	Suş 1 ile üretilen dondurma mikslerine ait dinamik reolojik ölçümlerden elde edilen parametrelerin değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi	55
Şekil 17.	Suş 2 ile hazırlanan dondurma mikslerinin açısız hıza bağlı olarak G' (kapalı sembol) ve G'' (açık sembol) değerlerindeki değişimi	56
Şekil 18.	Suş 2 ile üretilen dondurma mikslerine ait dinamik reolojik ölçümlerden elde edilen parametrelerin değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi	58
Şekil 19.	Suş 3 (EPS üretmeyen kontrol suş) ile hazırlanan dondurma mikslerinin açısız hıza bağlı olarak G' (kapalı sembol) ve G'' (açık sembol) değerlerindeki değişim	59
Şekil 20.	Suş 3 ile üretilen dondurma mikslerine ait dinamik reolojik ölçümlerden elde edilen parametrelerin değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi	62
Şekil 21.	Suş 4 ile hazırlanan dondurma mikslerinin açısız hıza bağlı olarak G' (kapalı sembol) ve G'' (açık sembol) değerlerindeki değişim	63
Şekil 22.	Suş 4 (karışım suşu) ile üretilen dondurma mikslerine ait dinamik reolojik ölçümlerden elde edilen parametrelerin değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi	65

Şekil 23.	Suş 1 ile hazırlanan dondurma mikserlerine ait zamana karşı $J(t)$ değerleri	66
Şekil 24.	Suş 1 ile üretilen dondurma mikserlerine ait J_{max} ve J_{sonsuz} değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi	68
Şekil 25.	Suş 2 ile hazırlanan dondurma mikserlerine ait zamana karşı $J(t)$ değerleri	69
Şekil 26.	Suş 2 ile üretilen dondurma mikserlerine ait J_{max} ve J_{sonsuz} değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi	71
Şekil 27.	Suş 3 ile hazırlanan dondurma mikserlerine ait zamana karşı $J(t)$ değerleri	72
Şekil 28.	Suş 3 ile üretilen dondurma mikserlerine ait J_{max} ve J_{sonsuz} değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi	74
Şekil 29.	Suş 4 ile hazırlanan dondurma mikserlerine ait zamana karşı $J(t)$ değerleri	75
Şekil 30.	Suş 4 ile üretilen dondurma mikserlerine ait J_{max} ve J_{sonsuz} değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi	76
Şekil 31.	Dondurma örneklerinin mikroyapısal görüntüleri	79
Şekil 32.	Suşların EPS değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi	86
Şekil 33.	Suş 1 kullanılarak üretilen ayran örneklerine ait kesme hızına karşılık kayma basıncı grafiği	87
Şekil 34.	Suş 1 kullanılarak üretilen ayran örneklerine ait K , n ve η_{50} değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi	89
Şekil 35.	Suş 2 kullanılarak üretilen ayran örneklerine ait kesme hızına karşılık kayma basıncı grafiği	90
Şekil 36.	Suş 2 ile üretilen ayran örneklerine ait K , n ve η_{50} değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi	92
Şekil 37.	Suş 3 (kontrol) kullanılarak üretilen ayran örneklerine ait kesme hızına karşılık kayma basıncı grafiği	93
Şekil 38.	Suş 3 (kontrol) ile üretilen ayran örneklerine ait K , n ve η_{50} değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi	95
Şekil 39.	Suş 4 (karışım) kullanılarak üretilen ayran örneklerine ait kesme hızına karşılık kayma basıncı grafiği	96
Şekil 40.	Suş 4 (kontrol) ile üretilen ayran örneklerine ait K , n ve η_{50} değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi	98
Şekil 41.	Suş 1 ile hazırlanan dondurma mikserlerinin açısız hıza bağlı olarak G' (kapalı sembol) ve G'' (açık sembol) değerlerindeki değişim	99
Şekil 42.	Suş 1 ile üretilen ayran örneklerine ait dinamik reolojik ölçümlerden elde edilen parametrelerin değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi	101
Şekil 43.	Suş 2 ile hazırlanan ayran örneklerinin açısız hıza bağlı olarak G' (kapalı sembol) ve G'' (açık sembol) değerlerindeki değişim	102
Şekil 44.	Suş 2 ile üretilen ayran örneklerine ait dinamik reolojik ölçümlerden elde edilen parametrelerin değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi	104
Şekil 45.	Suş 3 ile hazırlanan ayran örneklerinin açısız hıza bağlı olarak G' (kapalı sembol) ve G'' (açık sembol) değerlerindeki değişim	105
Şekil 46.	Suş 3 ile üretilen ayran örneklerine ait dinamik reolojik ölçümlerden elde edilen parametrelerin değerlerinin sıcaklık	107

	ve süreye bağlı olarak değişimi	
Şekil 47.	Suş 4 ile hazırlanan ayran örneklerinin açısız hıza bağlı olarak G' (kapalı sembol) ve G'' (açık sembol) değerlerindeki değişim	108
Şekil 48.	Suş 4 ile üretilen ayran örneklerine ait dinamik reolojik ölçümlerden elde edilen parametrelerin değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi	110
Şekil 49.	Suş 1 ile hazırlanan ayran örneklerine ait zamana karşı $J(t)$ değerleri	111
Şekil 50.	Suş 1 ile üretilen ayran örneklerine ait J_{max} ve J_{sonsuz} değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi	113
Şekil 51.	Suş 2 ile hazırlanan ayran örneklerine ait zamana karşı $J(t)$ değerleri	114
Şekil 52.	Suş 2 ile üretilen ayran örneklerine ait J_{max} ve J_{sonsuz} değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi	116
Şekil 53.	Suş 3 (kontrol suşu) ile hazırlanan ayran örneklerine ait zamana karşı $J(t)$ değerleri	117
Şekil 54.	Suş 3 (kontrol suşu) ile üretilen ayran örneklerine ait J_{max} ve J_{sonsuz} değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi	119
Şekil 55.	Suş 4 (karışım suşu) ile hazırlanan ayran örneklerine ait zamana karşı $J(t)$ değerleri	120
Şekil 56.	Suş 4 (karışım suşu) ile üretilen ayran örneklerine ait J_{max} ve J_{sonsuz} değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi	122
Şekil 57.	EPS üreten ve üretmeyen suşlar kullanılarak üretilen ayran örneklerine ait SEM görüntüleri	124
Şekil 58.	Sucuk suşlarının süre ve sıcaklığa bağlı EPS miktarları gösteren 3 boyutlu grafikleri	134
Şekil 59.	Kontrol örneğinin tekstürel özelliklerinin fermantasyon sıcaklığı ve süresine bağlı değişimi	139
Şekil 60.	<i>Lb. plantarum</i> suşu kullanılan sucuk örneklerinin tekstürel özelliklerinin fermantasyon sıcaklığı ve süresine bağlı değişimi	141
Şekil 61.	<i>L. mesenteroides</i> suşu kullanılan sucuk örneklerinin tekstürel özelliklerinin fermantasyon sıcaklığı ve süresine bağlı değişimi	142
Şekil 62.	Karışım suşu kullanılan sucuk örneklerinin tekstürel özelliklerinin fermantasyon sıcaklığı ve süresine bağlı değişimi	145
Şekil 63.	Farklı suşlar kullanılarak farklı fermantasyon koşullarında üretilen sucuk örneklerinin mikroyapısal özellikleri	146

Bu projede, EPS üreten suşlar kullanılarak farklı inkübasyon koşullarında (Ayran, dondurma için 32-42 °C, 2-4 saat; sucuk örneklerinde 14-18 °C, 8-16 saat) dondurma, ayran ve sucuk üretimi gerçekleştirilmiştir. Herbir örnek için 4 farklı suş kullanılmış ve herbir suş için yanıt yüzey metodu dizaynına göre 10 farklı inkübasyon ve fermantasyon koşullarında üretim gerçekleştirilmiştir. Kıvam verici kullanılmadan üretilen dondurma örneklerinin ve ayran örneklerinin fizikokimyasal, mikrobiyolojik, duyu ve reolojik özelliklerini EPS üreten kültür önemli derecede etkilemiştir. EPS üreten suşlar ile üretmeyen suşlar (kontrol örnekleri) kullanılarak üretilen dondurma miksellerinin ve ayranların kıvamı, depo modülü ve kayıp modülü EPS üretimi ile artış göstermiştir. Yanıt yüzey metodu kullanılarak dondurma ve ayran üretimi için en uygun inkübasyon koşulları optimize edilmiştir. Ayrıca EPS üreten suş kullanılarak üretilen dondurma ve ayran örneklerinin mikroyapısal özellikleri SEM cihazı ile belirlenmiş ve kontrol örnekleri ile aralarında önemli farklılıklar gözlemlenmiştir. EPS üreten *L. mesenteroides* ve *L. plantarum* kullanılarak üretilen sucuk örneklerinin de fizikokimyasal, mikrobiyolojik, tekstürel ve mikroyapısal özelliklerini de EPS miktarı önemli derecede etkilemiştir. Sucuk örneklerinin sertlik, gamsılık ve çığnenebilirlik değerleri EPS miktarının artışı ile artış göstermiştir. Örneklerin mikroyapısal özellikleri incelendiğinde EPS üreten suş kullanılarak üretilen örneklerde ağsı ve iplikli yapılar gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre ayran, dondurma ve sucuk üretiminde EPS üreten suşlar kullanımı ürün özelliklerini olumlu yönde etkilemektedir.



ABSTRACT

In this project, ice cream, ayran and sujuk were produced by different EPS producing strains in different incubation conditions (For ice cream and ayran; 32-42 °C, 2-4 hours; for sujuk 14-18 °C, 8-16 days). For each product, 4 different strains (2 EPS producing strains, 1 control (not capable of producing EPS) and mixture of EPS producing strains) were used and for each strain, 10 different incubation conditions were obtained using response surface methodology. The use of EPS producing strains in ice cream and ayran products significantly affected physicochemical, microbiological, sensory and rheological properties of the products. All of the ayran and ice cream mix products well fitted to the Ostwald de Waele model. The consistency coefficient, storage and loss modulus values of the samples increased with increasing EPS amount in the samples. Optimum incubation condition was calculated using response surface methodology for each strains. In addition, microstructural characteristics of the ice cream mix and ayran samples were determined by SEM and significant differences were observed among control samples and EPS producing samples. EPS producing *L. mesenteroides* and *L. plantarum* were also used in production of sujuk and they significantly affected physicochemical, microbiological, textural and microstructural characteristics. Hardness, gumminess and chewiness value of the samples increased with increasing EPS concentration in the sample. As the microstructural characteristics of all products were investigated, webby like structures were observed in samples including EPS. According to the results, the use of EPS producing strains in ice cream, ayran and sujuk improved quality characteristics of the samples.



1. GİRİŞ

Günümüz dünyasında her geçen gün tüketici ihtiyaçları artmakta ve buna bağlı talepleri karşılayacak arz artan bir rekabete dönüşmektedir. Ar-Ge, pazar çeşitliliği, maliyetin düşürülmesi, üretim kolaylığı, işçi gücünün azaltılması ve giderek önem kazanan fonksiyonel ürünler rekabetin getirileri arasındadır. Fonksiyonel ürünlerin önemi ve beslenmenin insan sağlığı üzerindeki etkisi tüketicileri farklı alanlara yönlentmektedir. Artık insanlar sağlıklarını korumanın ötesinde tükettikleri her şeyden daha fazla yararlanmak istemektedir (Aimutis, 2001). Şöyleki: endüstriyel gelişime pazar çeşitliliğini sağlamak, maliyeti düşürmek ve fonksiyonelliği artırarak sağlığa faydalı ürünler sunabilmek, günümüz dünyasının en önemli gerçeklerindedir. Bu amaçla yola çıktığımız projemizde; fonksiyonel özelliği, besleyiciliği ve sağlığı destekleyiciliği (Chabot vd 2001) yaygın olarak bilinen probiyotik mikroorganizmalar olan laktik asit bakterileri kullanılmıştır. Laktik asit bakterilerinin probiyotik özelliklerinin bilinmesi çok eski zamanlara dayanmasına rağmen fonksiyonel gıdaların günümüzdeki popülaritesinin artmasından sonra, 20.yy, gıdalarda kullanımı asıl önemini kazanmıştır(Gürsoy vd 1999). Günümüzde en yaygın kullanım alanına sahip olan probiyotik bakteriler laktik asit bakterileridir (Ouweland vd 2003). Bu bakterilerden faydalanacağımız kısım ise; heteropolisakkarit üretmeleridir. Hücre dışı polisakkarit diğer adıyla ekzopolisakkaritlerin bu önemi endüstriyel açıdan teknolojik bir çok öneme sahiptir. Eps üreten laktik asit bakterilerinin kıvam verici, tekstür düzenleyici, probiyotik olması nedeniyle sağlığa faydalı olması, üretiminin kolay maliyeti düşürücü etkisi olması gibi bir çok özelliği nedeniyle ayran, dondurma ve sucukta kullanılmış olması diğer araştırmalara ışık tutacaktır. Ayrandaki kıvamı artırıyor olması, dondurmada salep yerine kullanılabilirlik yeteneğinin belirlenmesi, ve sucukta yapı üzerine olumlu etkisi koryucu özelliğinin olması eps üreten laktik asit bakterilerini çok önemli bir yere getirecektir. Eps üreten laktik asit bakterileri tekstürel ve reolojik analizler sonucu gözlemlendiği gibi yapıda iyileşmenin yanısıra koruyucu özelliği ile de gıda güvenliği açısından önem arz etmektedir. Literatürde de Eps üreten çeşitli laktik asit bakterilerinin izolasyonu ve tanımlanması adına pek çok çalışma yapılmıştır. Fakat bu bakterilerin ayran dondurma ve sucuğa inoküle edilmesi, bu üretimin gerçekleştirilmesi, üretilen ürünlerin reolojik tekstürel mikrobiyolojik ve fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve bu ürünler üzerindeki değişimin araştırılıp sunulması, üretim sıcaklık ve süresinin optimizasyonu, Eps miktarını



belirleme ve laktik asit bakterilerinin eps üretim seviyelerinin hangi sıcaklık ve sürelerle bağlı olduğunun tespit edilmesi, bu ürünlerde mikroyapısal görüntülerin sunulması bu araştırmanın literatüre katkı sağlayacağını göstermektedir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Laktik asit bakterilerin önemi

Gıda sektöründe besinsel değeri yüksek, kaliteli, uzun raf ömrünü sağlayabilecek koruyucu özelliğe sahip, kimyasal katkı maddesi içermeyen ürünler artık tüketiciler tarafından öncü sırada yer almaktadır. Bu gıdaların sağlanabilmesi içinde en önemli gerekler; ikame madde olarak kullanılabilir kadar farklı fonksiyonel özelliklere sahip, doğal olan, sağlık üzerine çok sayıda olumlu etkileri bulunan, maliyeti düşük, metabolitlere ihtiyaç vardır. Bu amaçla biyokontrol yöntemi önerilmektedir. Bilindiği üzere laktik asit bakterileri ticari olarak kullanılan önemli saf kültürlerdir (Galland ve Barrie, 1993). Laktik asit bakterileri, fermentatif kabiliyetlerinden dolayı endüstriyel ve ticari öneme sahip mikroorganizmalar olarak tanımlanırlar (Şimşek ve Bilgin, 1996). Laktik asit bakterilerini genel olarak *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc* ve *Streptococcus*'u kapsamaktadırlar (Batt, 1986, Daeschel 1989, Tekinşen ve Atasever, 1994, Yetişmeyen 1995, Broadbent vd 2003). Laktik asit bakterileri; organik asit, diasetil, asetoin, hidrojen peroksit (Herroris vd 2005), reuterin, antifungal peptitler ve bakteriyosinler gibi antimikrobiyal bileşikler içeriğinden dolayı doğal koruyucu (Dinçerve vd 2010) ve maliyeti düşük taleplerini karşılamaktadır. Ayrıca koruculuğunu; gıda kaynaklı patojen kontaminantların büyük bir kısmını içerdiği asitlerle yani pH düşüşüyle sağlayabilmektedir (Evren vd 2006). En önemli etkisi ise özellikle inokülasyonun ilk aşamasında patojen mikroorganizmaların gelişimi engellemektir (Tekinşen ve Atasever, 1994)

2.2 Ekzopolisakkaritler

Bazı laktik asit bakterileri polisakkarit üretirler. Bu polisakkaritlerin bir kısmı stoplazmadaki sitozol içinde bulunarak karbon kaynağı olarak kullanılırken bir kısımda hücre yüzeyine tutunarak hücre dışı polisakkaritleri oluştururlar. Diğer bir kısmı ise hücre hücre dışı polisakkaritler olan yine hücrenin duvarına tutunan fakat gevşek bir tutunmayla lokalize olmuş hücreden tamamen ayrılabilir (kopabilecek) şekilde bağlı bulunan ekzopolisakkaritler (EPS) olarak tanımlanırlar (Mayra ve Bigret 1998, Broadbent vd 2003). Mikrobiyal açıdan

ekzopolisakkaritler 3 grup altında incelenirler. 1.'si hücre yüzeyine kovalent bağlarla bağlı olan kapsüler polisakkaritleri (CPS), ikincisi hücre duvarının bileşeni olan polisakkaritleri (LPS) ve üçüncüsü de hücre yüzeyi ile kovalent bağlarla bağlanmayan ve salınan (LAM) 'dan oluşmaktadır (Leigh ve Walker, 1994, Whithfield vd 1997). CPS ve LPS tıp alanında büyük önem taşırken LAM gıda endüstrisinde önemlidir. Eps hücre dışına salgılanan bir organik maddedir (Kılıç, 2000) Ekzopolisakkarit kelimesi ilk olarak 1972 yılında tanımlanmış ve tanım olarak; hücre dışında lokalize olan bakteriyel polisakkaritlere verilmiştir (Cerning, 1995). Leukonostoklar, streptokoklar, pediokoklar ve laktokoklar laktik asit bakterileri ile propionobakteriler eps üreten bakterilerdir (Ruas-Madiedo ve de los Reyes-Gavilan 2005). Ekzopolisakkaritler farklı moleküler yapıda, farklı büyüklüklerde olabilirler ve farklı şeker kompozisyonu içerebilirler (Laws vd, 2001, Broadbent vd 2003, Ruas-Madiedo vd 2005). Düz veya dallanmış zincir yapısına sahip oluşu, sahip olduğu zincirlerin uzunluk farklılıkları ve molekül kütlelerinin büyüklüğüne göre de değişiklik gösterebilir (De Vuyst vd 2001, Hijum vd , 2006). Kimyasal kompozisyonlarına göre iki grupta incelenirler; birincisi tek tip monosakkaritlerden oluşan homopolisakkaritler (α -D glukoz, β -D glukoz, fruktanlar), homopolisakkaritlerin en yaygın bilinen örneği dekstrandır. Endüstriyel gıda uygulamalarında çok sayıda kullanılan dekstrandlar *Leuconostoc mesenteroides* tarafından üretilir (Devuyst vd 1999, Kumar vd 2007). Sucuk örneklerinin üretiminde kullanılan suşlardan bir tanesi *Leuconostoc mesenteroides* suşudur. Heteropolisakkaritler ise farklı yapıdaki monosakkaritlerden en az iki veya daha fazla şeker biriminden ve bunların farklı dizilimlerinden oluşmaktadır (Badel vd 2011). En bilinen örnekleri; D- glukoz, D-galaktoz, L-rhamnoz'dur (Tieking vd 2003, Van der Meulen 2007). Heteropolisakkaritlerin bioçeşitliliği laktik asit bakterilerinin molekül ağırlıkları, fonksiyonel ve teknolojik özellikleri, verimliliği gibi özelliklerinden kaynaklanmaktadır (De Vuyst ve Degeest, 1999, De Vuyst vd 2001, van Kranenburg, 1999). Dahası inokülasyon şartları laktik asit bakterilerinin polimer dizilişlerini oldukça fazla etkilemektedir (Degeest ve De Vuyst 1999, Mozzi vd 2003, Torino vd 2005) *Lactobacillus delbureckii* ssp. (Mozzi vd 2006). ve *Streptococcus thermophilus* (Vanilgelgern vd 2004) 'ta eps üreten laktik asit bakterileri arasında en çok yer alan bakterilerdir.

2.3 Ekzopolisakkarit Üreten Laktik Asit Bakterilerin Kullanımının Gereği

Son yıllarda laktik asit bakterileri üzerine yapılan çalışmalar giderek artmıştır (Cerning 1995). ancak bu amaca yönelik belirli sayıda çalışma yapılmıştır (Welman ve Maddox 2003). Eps üreten laktik asit bakterileri gıdalarda bir çok amaç için kullanılmaktadır. Eps gıdalarda doğal biyokalınlaştırıcı olarak görev yaparlar, ürüne uygun dayanıklılığı verir, kıvam verici özelliği vardır, viskoziteyi artırır, sineresisi azaltır. Ruas Madiedo ve arkadaşları 2005 yılında yaptığı çalışmada laktik asit bakterileri tarafından üretilen eps'nin fizikokimyasal ve yapısal özelliklerini araştırmış ve eps'nin ürüne kattığı yapısal güçlenmenin önemini vurgulamıştır (Ruas Madiedo vd 2005). Başka çalışmalarda da eps'nin jel oluşturucu, stabizatör ve su bağlayıcı ajan olarak da gıdalarda aktif rol oynadığı belirtilmiştir (Duboc ve Mollet, 2001, De Vuyst ve Vaningelgem, 2004). Eps'nin gıdalardaki faydalarının dışında insan sağlığına da çok önemli katkıları vardır. Antitümör, antiviral, bağışıklık sistemini uyarıcı, kolesterol seviyesini düşürücü, iltihap sökücü ve prebiyotik özellikler gibi bir çok yararlı etkileri mevcuttur. Ayrıca eps mikrobiyal hücreyi fagositoza, faja, antibiyotik ve toksik maddelere karşı korur (Ruas Madiedo vd 2002, De Vuyst ve Vaningelgem, 2004 Kitazawa vd 1993 Arena vd 2006, de Stefano vd 2007, Pigeon vd 2002, Dal Bello vd 2001). Eps'nin endüstriyel gıda sanayi kullanımı dışında ve insan sağlığına faydalı özellikleri dışında ilaç ve kimya sanayisinde de bioflokülant, bioabsorbent, ağır metal bağlama gibi fonksiyonel özelliklerinden dolayı kullanılmaktadır (Wank vd 2008). Eps'nin bu avantajlarının yanısıra laktik asit bakterisi suşlarının epitel yüzeyine tutunması otoagregasyon ve koagregasyonunda önemli etkisi olduğu düşünülmektedir. Bütün bu avantajlar ele alındığında gıdalarda eps üreten laktik asit bakterilerinin kullanımının çok önemli olduğu anlaşılmaktadır.

Gıda endüstrisinde kıvam vermek amacıyla polisakkaritler ve proteinler kullanılmaktadır. Biyokalınlaştırıcılar olarak adlandırdığımız bu bileşenler şöyle sıralanabilir: Nişasta, pektin, keçi boynuzu gamı, guar gamı, karragenan, alginat, jelatin ve kazein. Fakat bu bileşenler yapılarından dolayı üründe arzu edilen kaliteyi sağlayamayabilirler. Bu polisakkarit ve proteinlerin üründe oluşturacağı farklı kimyasal reaksiyonlar sonucu oluşan aroma arzu edilmeyen aroma olabilir ve bunlardan daha önemlisi kullanıldıklarında üründe istenilen reolojik ve tekstürel yapıyı tam olarak sağlayamayabilirler (Roller, 1992). Bu istenmeyen yapılar oluştuğu zaman buna çözüm olarak bitkisel kaynaklı karbonhidratlar kimyasal bir modifikasyondan geçerler (Tomb, 1998). Her geçen gün işlem



yükünün azaltılma çalışması süren dünyamızda bu tür katkıların gıdalarda kullanılmaması gerekmektedir. Avrupa yoğurt endüstrisinde stabilizatör maddelerin kullanımı yasaklanmıştır. Kıvam artırıcı özellikleri olan Alginig asit (E400) küçük miktarlarda etkisi olmasa da büyük gramajlarda gıdalara katılan alginig asit insan sağlığına olumsuz etki etmekte ve sindirimi zorlaştırmaktadır. Özellikle süt ürünlerinde kullanılan karregen an E 407 etilen klorohidrin oluşumu nedeni ile kanserojen, ülser ve zehirlenme riski taşımaktadır. E 420 sorbitol gıda, ilaç ve kozmetik sanayisinde kullanılır. Bebek mamalarında ve küçük çocukların gıdalarında kullanmak yasaklanmıştır. E 420 mannitol bebek gıdalarında izin verilmemiştir. E 441 jelatin alerji ve astıma sebep olabilir. E 422 gliserin petrol ürünlerinden ve propilenden sentetik olarak veya şekerden mayalanarak elde edilebilir. Yüksek dozajlarda kullanımında baş ağrısı, susuzluk, bulantı ve yüksek kan şekere sebep olabilir. E 432 polisorbata 20, E 434 polisorbata 40 bazı ülkelerde yasaklanmıştır.

Bu sebeplerden dolayı, mikrobiyal kaynaklı eksozöller polisakkaritler, şuanki kıvam artırıcı maddelere ikame olarak çok avantajlıdır (Kim vd 2008). Kullanılan mevcut bazı kıvam verici maddelerin az miktarda kullanılması durumunda belirli kesin bir sağlık riski taşımadığı bilindiğinden, kullanım miktarı minimum düzeye indirilebilir (Hess vd 1997). Genetik olarak modifiye edilmiş mikroorganizmalarda benzer özelliklerle gıdalara katılabilirler, ancak kullanımları sınırlıdır (European Council Directive 1990, European Council Directive 2001). Bu nedenler Eps üreten laktik asit bakterilerinin avantajlarını hatta kullanım gerekliliğini çok açık bir şekilde ortaya koymaktadır. Eps üreten laktik asit bakterilerinin kıvam artırıcı, doğal biyokalinlaştırıcı olarak kullanılması bu durumun en iyi tekstürel ve reolojik ölçümlerle değerlendirilebileceğini ve desteklenebileceğini göstermektedir. Buna ek olarak su bağlayıcı özelliğinin olması ve sinerjisi önleyebileceği gerçeği tekstürel açıdan önemi göstermektedir. Şöyleki bu epsler uygun ürün gruplarında bu özellikleriyle bir fiziksel stabilizatör gibi kullanılabilir. Ayrıca farklı laktik asit bakterileri suşları tarafından üretilen eps'ler suşların farklılığına, kimyasal kompozisyonlarına, polimer dizilişlerine, bileşenlerin çeşitliliğine, içeriğindeki metabolitlerin etkileşimine, molekül ağırlıklarına, yüzeye tutunma güçlerine, jel oluşturma kabiliyetlerine, kültür şartlarından ve dış faktörlerden etkilenmelerine bağlı olarak eps üreten laktik asit bakterilerinin reolojik özellikleri ve tekstürel özellikleri birbirinden farklı olacağını göstermektedir. Gıdaların fiziksel özelliklerinin tanımlanmasında tekstürel ve reolojik ölçümler çokça kullanılmaktadır. Tekstür tüketici için önemli bir kabul kriteridir. Serum fazındaki



biokalinlaştırıcı varlığına, protein jelinin özellikle kazeinin varlığına, proteinler ve polisakkaritler arasındaki etkileşimlere, bakteri hücrelerinin varlığına ve bu hücrelerdeki eps filamentlerine, ortamdaki serbest su miktarına, serum fazındaki eps miktarının nispi oranına bağlıdır (Duboc ve Mollet, 2001). Reoloji ise ilk olarak 1939'da Bingham tarafından tanımlanmıştır. Reoloji de maddenin akışını ve deformasyonunu inceleyen (Bourne , 1982) bir kalite ölçütüdür. Reoloji ürünün içeriğinin ve ürünün kendinin değişen koşullardaki kalite kontrolünü sağlar, ürünün başlangıcından bitişine üretim hattı boyunca aynı özelliklerde kalmasını değerlendirebilmeyi sağlar, gıdada kullanılan ürünlerin gıdada oluşturdukları değişimi gözlemlemeyi sağlar, ürünü geliştirmeyi ve sınıflandırmayı sağlar ve tekstürel özellikler ile kimyasal özellikler arasındaki ilişkiyi tanımlayabilmeyi sağlar. Duboc ve Mollet eps kullanılan ürünlerde iki farklı özellik tanımlamışlardır. Birincisi; gıdanın deformasyona karşı gösterdiği direnci ifade eden ve fermente ürünlerin yapışkanlık ve akıcılık özelliklerini gösteren vizkozite. İkincisi; gıdanın deformasyondan sonra geri kazanılmasını yani eski haline dönmesini ifade eden ve fermente ürünlerin katılığını ve gamsı yasını ifade eden elastikiyet terimidir. Bu iki özellikte gıda ürünün kalite ve genel beğenilirlik değerleri için önemlidir (Skriver vd 1999).Vizkozite, belirli bir shear rate (kayma hızı) değerine karşılık shear stress'in (kayma geriliminin) ölçerken, elastikiyet gıdaya uygulanan oscillatory stress (titreşimsel gerilim) ile ölçülmektedir. Elastikiyet enerji korunumunu veya geri kazanımını ifade ederken, vizkozite enerji dağıtımını ifade eder. Vizkoleastik özellikteki bir gıdaya oscillatory bir stimülasyona (titreşimsel etkiye) uygulanması ile storage modulus, G' ve loss modulus, G'' (elastikiyet ve vizkozite modülleri) değerleri tespit edilmektedir. Eps kullanılan gıdaların üzerinde eps'nin etkisini incelemek adına yapılan bazı çalışmalar vardı. Eps üreten laktik termofilik laktik asit bakterilerinin kullanıldığı yoğurt örneklerinde reolojik ve tekstürel analizler yapılmış ve eps üreten suşların farklılığının eps miktarından daha etkili olduğu tespit edilmiştir (Marshall ve Rawson 1999). Bir başka çalışmada eps üreten laktik asit bakterileri *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbuerckii ssp. bulgaricus* yağsız süte inoküle edilmiş ve bakterilerin eps üretim miktarlarıyla vizkozite değerleri arasında paralellik bulunmuştur. Yine aynı çalışmada aynı suşların orjinlerinin farklı olduğundan eps üretim miktarları farklı olduğundan vizkozite değerlerinde de farklılık gözlemlenmiştir. İstatistiksel veri analizlerinin sonucunda ise *Streptococcus thermophilus* suşunun eps üretimleri ile yağsız süt besi ortamındaki ölçülen vizkozite değerleri arasındaki korelasyon katsayısı 0.987 iken, *Lactobacillus*

delbuereckii ssp bulgaricus suşunun eps üretimi ile vizkozite değerleri arasındaki korelasyon katsayısı 0.655 olarak tespit edilmiştir (Aslım vd 2005). Başka bir çalışmada EPS üreten *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* suşu kullanılan yoğurt örneklerinin kontrol grubuna göre su bağlama kapasitesinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Buna ek olarak reolojiyle eps arasında bir ilişki olduğuna, epsnin reolojiyi etkilediğine ve ürün için arzu edilen reolojik değerleri elde edebilmek için eps üreten suşlar kullanılabilceğini rapor etmişlerdir (Hess vd 1997). Mozerella peynirinin tekstürel özelliklerinin belirlendiği bir çalışmada eps üreten *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* suşları kullanılmış ve eps inoküle edilen peynirlerin eps ilave edilmeyenlere göre istenen tekstürel özelliklerinin(daha düşük sertlik, bağlayıcılık ve yapışkanlık ile daha yüksek elastikiyet değerlerine sahip olduğunu) daha iyi olduğu bulunmuştur. Tekstürel özelliklerden çiğnenebilirlik ve gamsılık özelliklerinin ise eps üretimiyle ilgisi bulunmamıştır. (Bhaskaracharya ve Shah, 2000). Yapılan çalışmalarda üretilen epslerin farklı kompozisyon ve büyüklükte olduğu (Kimmel 1998, Faber 2001) ve buna bağlı olarak katıldığı ürünlerdeki tekstürel yapıyı da farklı etkileyebilmektedir. Eps'nin katıldığı ürünlerdeki fonksiyonel özellikleri farklı etkileyebilecek bir başka etmen de molekül ağırlığıdır. Laktik asit bakterilerindeki bu molekül ağırlık değerleri 4.0×10^4 ile 6.0×10^4 değerleri arasında değişmektedir (Cerning vd 1992, De Vuyst ve Degeest 1999).. Bu da farklılığın olması farklı reolojik ve tekstürel özelliklere sahip ürünlerin elde edilebileceği anlamına gelmektedir. Eps üreten laktik asit bakterileri fermente süt ürünlerinin üretiminde kullanılmaktadır (Roginski, 1999) ve bu fermente süt ürünlerinin reolojik, yapısal ve aromatik özelliklerine eps oluşturma yetenekleri etki etmektedir (Duboc ve Mollet, 2001). Geleneksel yoğurtlardan elde edilen eps üretebilen 5 adet *Streptococcus thermophilus* ve 4 adet *Lactobacillus bulgaricus* kültürünün kombinasyonlarıyla 20 çeşit yoğurt örneği üretilen bir çalışmada bu farklı kombinasyonlardaki yoğurt örneklerinin reolojik değerleri belirlenmiş ve EPS miktarının yoğurt örneklerinin görünür viskozite değerleri üzerine önemli bir etkisinin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır (Çelik, 2007). 2010 yılında yapılan başka bir çalışmada ise yoğurttan izole edilen *Streptococcus thermophilus'un* iki farklı suşunun eps'i izole edilmiştir. Bunlar kapsüler eps ile kapsüler-ropy eps'dir. Oswald ve Cross modellemeleri kullanılarak analiz edilen örnekleri, Ostwald modelinin daha iyi açıkladığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca *K* (kıvam katsayısı) ve *n* (akış davranış indeksi) değerlerinin suş farklılığı, pH ve sıcaklık gibi faktörlerden önemli derecede etkilendiğini tespit etmişlerdir. Kapsüler-ropy EPS'in, kapsüler



EPS'e kıyasla daha fazla akış direncine sahip olduğunu ve kayma gerilimine karşı yapısal olarak daha stabil olduğunu belirlemişlerdir (Purwandari ve Vasijevic 2010). *Lactobacillus bulgaricus'* un farklı suşlarının yağsız sütte kullanıldığı bir başka çalışmada eps üretimi ile vizkozite değerleri arasında bir ilişkinin olduğunu rapor etmişlerdir (Garcia-Garbay ve Marshall 1991). Bunlara ilaveten başka çalışmalarda epslerin büyük bir bölümde gıdalara kıvam verici, emülgatör, stabilizatör gibi özellikleri bilinir fakat bunların yanında yoğun biyokalinlaştırıcı olarak özelliğinin yanısıra gıdanın tat ve görünümünde de etkilidir açıklamaları rapor edilmiştir (Stingele vd 1996, Bouzar vd 1996) . Eps'nin reoloji ve tekstür alarının yanında mikroyapısal özellikler üzerinde de önemli etkileri vardır. Bu konuyla ilgili Confocal Scanning Laser Microscopy (CSLM) ve Scanning Electron Microscopy (SEM) sistemleri kullanılarak yapılan çalışmalar mevcuttur (Bhaskaracharya ve Shah, 2000, Hassan vd 2002). Buna ilaveten bu sistemlerle reolojik özelliklerde belirlenebilmektedir (Hassan vd 2002, Goh vd 2005). Laktik asit bakterileri tarafından üretilen epslerin fenotipi fizikokimyasal özellikleri, eps biyosentezi, genetik ve metabolik mühendisliği ile ilgili pek çok çalışma mevcuttur (Phyo vd 2008). Fakat ayran dondurma ve sucuk örneklerinde kullanılacak olan laktik asit bakterileri tarafından üretilecek olan epslerin reolojik, tekstürel, mikrobiyolojik ve fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisinin incelendiği çok az sayıda çalışma vardır. Örneğin bu tür çalışmalarda reoloji kısmıyla ilgili genel olarak yatışkan (steady state) faz özellikleri çalışılmıştır. Dinamik titreşimli kayma (dynamic shear) ve sürünme toparlanması (creep-recovery) testleri ise yapılmamış, epsnin bu analiz parametreleri üzerine etkisi araştırılmamıştır. Bu analizler sadece bir gıdanın özelliklerini belirlemek için değil, ürünlerin sınıflandırılması, duyuşal özelliklerinin belirlenmesi, kalite kontrolünün sağlanması açılarından da çok önemlidir. Özellikle fermente ürünlerde sıcaklığa bağlı viskoelastik yapının değişimi ve termomekaniksel etkileşimler gıdanın kabul edilebilirliği açısından çok önemlidir. Bu kapsamdaki her yönüyle ele alındığında reolojik analizlerin özellikle laktik asit bakterileri tarafından üretilen epsnin gıdalar üzerindeki etkileri yeterince araştırılmadığı görülmektedir. EPS sentezlenmesi ve salgılanması farklı fazlarda gerçekleşir. Polimer tipi, sıcaklık ve inkübasyon süresi, besiyerinin içeriğine (karbon, nitrojen kaynağı, mineral ve vitamin içeriği) gibi ortam koşullarına bağlı olarak değişir. EPS üretimi için optimum pH 5-7 değerleri arasında değişir. Sıcaklığın eps üretiminde etkin rol oynağı pek çok çalışmada vurgulanmıştır. Bazı araştırmalar EPS üretim miktarının düşük sıcaklıklarda daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Mozzi vd 1995). Fakat bazı araştırmacılar da



yüksek sıcaklıktaki eps üretiminin optimal şartlarda olduğunu tespit etmişlerdir (Zisu ve Shah 2003). EPS'nin üretiminde besiyerinin bileşimi (karbon ve nitrojen kaynağı), inkübasyon koşulları(sıcaklık süre) ortamın pH'sı, laktik asit bakterilerinin ürettiği bazı metabolik ürünler ve metabolik aktiviteleri; laktik asitin ve hidrojen peroksit varlığı ve proteolitik aktivite gibi bir çok neden epsnin üretimini etkilemektedir (Looisjesteijn ve Boels 1999, De Vuyst ve Degeest 1999, Degeest ve De Vuyst 2000, Tallon vd 2003). Son yıllarda bu gibi sebeplerden dolayı yeni eps üreten kaynaklar ve optimize çalışmaları araştırılmaktadır (Kim vd 2008). Fakat bu optimizasyon çalışmalarında aynı anda tüm analizlerle pH, sıcaklık ve sürenin etkileri eş zamanlı olarak araştırılmamış bu konuda optimizasyon çalışmaları yapılmamıştır. Bu sebeple optimal EPS üretimi için bu faktörlerin eş zamanlı olarak bir arada değerlendirilmesi, herbir faktör için tek bir maksimum veya minimum bir değerin belirlenmesi ve bu değerlerin kullanımıyla EPS üretim miktarında meydana gelecek önemli değişimlerden dolayı üründe oluşacak duyuşsal, reolojik, tekstürel ve mikroyapısal özelliklerinde ne gibi etkilerinin olacağı tespit edilmesi gerekmektedir. Bu optimizasyon çalışması için öncelikli olarak Response Surface methodu (RSM) kullanılarak optimum kritik değerleri tespit edilmiştir. Bu methodla birlikte reolojik, tekstürel ve duyuşsal özelliklerin ve farklı inkübasyon sıcaklık ve sürelerinin tek bir response olarak maksimum ve minimum noktalarının değerlendirilmesi ve için en uygun yöntemdir (Hunter 1959, Harrington 1965, Derringer ve Suich 1980).



3. GEREÇ ve YÖNTEM

3.1 Gereçler

Araştırma daki gereçlerin kullanımı açısından, eps üreten laktik asit bakterilerinin temininden sonra üç aşamada gerçekleşmiştir. 1. Aşama; dondurma üretimi ve analizlerinin yapım aşamasıdır. 2. Aşama; ayran üretimi ve analizlerinin yapım aşamasıdır. 3. Aşama ise sucuk üretimi ve analizlerinin yapım aşamasıdır. Ürünlerde kullanılan bakteriler: *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbuereckii ssp. bulgaricus*, *Lactobacillus plantarum* ve *Leuconostoc mesenteroides*'tir. Üretimde ve analizlerde kullanılan hammaddeler şu şekildedir: süt (Dost süt), şeker (Bal küpü şeker), emülgatör, krema, süt tozu, market içme suyu (Damla su), yağsız sığır eti, kuyruk yağı, kırmızı pul biber, toz karabiber, kimyon, yenibahar, tuz (Bağdat baharat) ve sarımsak (Şok Market) kolajen sucuk kılıfı (Yıldızsa, İstanbul). Analizlerde kullanılan kimyasal maddeler Merck ve Sigma (Almanya) firmalarından temin edilmiştir. Analizlerde kullanılan cihazlar ise şu şekildedir: reometre (AntoonPar), tekstür analiz cihazı, pHmetre, inkübatör, mikser, saf su cihazı, etüv, buzdolabı, santrifüj, ultra-turax, dondurma makinası, iklimlendirme kabini, protein cihazı, manyetik karıştırıcı, spektrofotometre, kıyma makinası.

3.2 Yöntem

Ürünlerin üretimine geçmeden önce eps üreten bakteriler aktiveleştirilmiştir. Her ürün için kullanılan bakterinin mikrobiyal yükü 10^7 kob/ml'dir.

3.2.1 Dondurma Örneklerinin Hazırlanması ve Dondurma Örneklerinin Analizleri

3.2.1.1 Dondurma Örneklerinin Hazırlanması

Dondurma örnekleri hazırlanmadan önce yapılan RSM yöntemi ile üretimde kullanılacak inkübasyon sıcaklığı ve süre değerleri belirlenmiştir. Tablo 1, dondurma üretiminde kullanılan inkübasyon şartlarını göstermektedir.

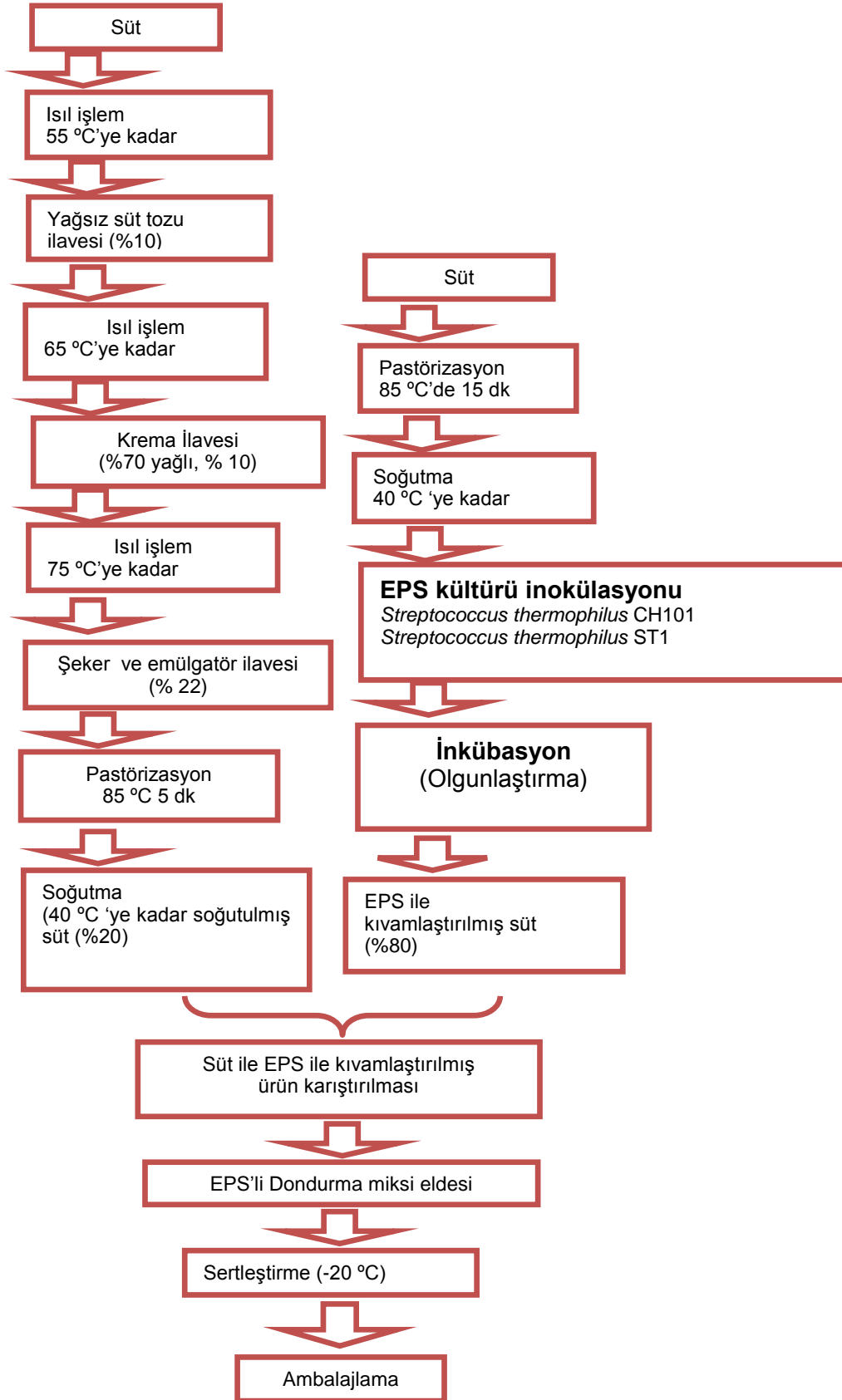
Tablo 1. Dondurma üretiminde kullanılan inkübasyon şartları

Örnek	İnkübasyon Sıcaklığı (°C)	İnkübasyon Süresi (saat)
R1	32.0	2.0
R2	32.0	3.0
R3	32.0	4.0
R4	37.0	2.0
R5	37.0	3.0
R6	37.0	3.0
R7	37.0	4.0

R8	42.0	2.0
R9	42.0	3.0
R10	42.0	4.0

R; (run) örnek kodlaması

Bir litre sütün %80'lik kısmına 15 gram sütün tozu ilave edilerek Tablo 1'de belirtilen inkübasyon sıcaklığı ve süresine göre inkübe edilmiştir. EPS üreten LAB'si aktifleştirildikten sonra % 1 oranında ilave edilmiştir. Sütün %20'lik kısmı ise sütün, emülgatör, şeker ve kremanın çözündürülmesinde kullanılmıştır. 200 ml sütün 40 °C'ye ısıtıldıktan sonra krema ilave edilmiştir. Daha sonra emülgatör ile şeker karışımı topaklanma olmaması için yavaş yavaş süte ilave edilmiştir. 80 °C'ye kadar manyetik karıştırıcıda ısıtılan karışım 3 dakika bu sıcaklıkta bekletilerek buzlu su içinde yağ fazının ayrılmaması için hızlı bir şekilde oda sıcaklığına soğutulmuştur. Daha sonra inkübasyondan alınan kısım ile mutfak robotu kullanılarak karıştırılan mikserler, 4 °C'de 20 saat olgunlaştırılmıştır. Daha sonra mikser örneklerinde reolojik analizler gerçekleştirilmiştir. 20 saat olgunlaştırılan mikserler, dondurma makinasında 30 dakika karıştırılıp soğutulularak dondurma üretimi gerçekleştirilmiştir ve üretilen dondurmalar, fizikokimyasal analizler için -18 °C'de depolanmıştır. Şekil 1'de dondurma akım şeması detaylı bir şekilde verilmiştir.



Şekil 1. Dondurma üretim akış şeması



3.2.1.2 Dondurma Örneklerinin Fizikokimyasal, Mikrobiyolojik, Mikroyapısal, Duyusal ve İstatistik Analizleri

Örneklerin pH değerleri pH metre ile belirlenmiştir. Bu amaçla pH metre probu mikse daldırılmış, pH metre ekranındaki değer sabitlendikten sonra, örneklere ait pH değerleri kaydedilmiştir (Dave ve Shah, 1997).

Örneklerin kurumadde değerleri belirli miktardaki süt ve ayran örneğinin 100 ± 2 °C'de sabit tartıma gelinceye kadar kurutulması ile gravimetrik olarak belirlenmiştir (AOAC, 1990). Sonuçlar % toplam kurumadde olarak ifade edilmiştir.

Örneklerin yağ analizinde Roeder metoduna göre örneklerin analizi gerçekleştirilmiştir. 5gr tartılan örnek bütrometreye konulur. H_2SO_4 (yoğunluk: $1.522 \pm 0.005g/ml$) bütrometrenin üst kısmından yavaşça örneğin üzerine üst kısmına ulaşana kadar dökülür. Bütrometrenin ağzı tıpa ile kapatıldıktan sonra 70C'deki su banyosuna bırakılır ve proteinin tamamı çözülene kadar çalkalamaya devam edilir. 1 ml amil alkol eklenir ve ardından sülfirik asit %10 seviyesine gelene kadar dökülür. Bütrometre tekrar tıpa ile kapatılır çalkalanır ve bir 10 dakikalığına daha 70 C deki su banyosuna bırakılır Bu süre boyunca bütrometre düzenli aralıklarla çalkalanır Bu işlemi 7 dakikalık santrifüj ve 65C'deki su banyosu takip eder. Yağ değeri sızdır noktasına ayarlanır ve değer en düşük menüsküste okunur (Yöney, 1973).

Protein tayinininde örnekler öncelikle oda sıcaklığına getirilir ve homojenize olana dek bir spatül ile karıştırılır. Öncelikle yakma tüpü içerisine 1 mg duyarlılıkta tam olarak 5 g örnek tartılır. Yakma tüpünün kuru ve temiz olmasına dikkat edilmelidir. Örnek konmuş her tüp içerisine 10 gr katalizör ve yaklaşık 15ml H_2SO_4 ilave edilir ve dikkatlice karıştırılır. Tüpler yakma cihazına yerleştirilir ve maksimum 430°C sıcaklığa kadar kademeli olarak yükseltilir. Yakma işlemine berrak yeşil renk oluncaya kadar devam edilir. Yakma işleminden sonra örnekler yeterince soğuduktan sonra üzerine 50 ml damıtık su ilave edilir. Destilasyon ünitesine yerleştirilen örneklerin destilatının toplanacağı yere 25 ml %3'lük borik asit çözeltisi konulmuş 250 ml'lik erlen konulur. Cihaz otomatik olarak 50 ml %40'luk NaOH'ı tüp içine pompalar. Toplanan destilat faktörü belirlenen 0.1 N HCl ile titre edilir. Önce çözelti gri-mor sonrada gri-leylak rengine gelince titrasyon tamamlanır. Harcanan miktar belirlenir.

$$\%Azot = ((S - S_{tanık}) \times F \times 0.0014 \times 100) / \text{Örnek miktarı (g)}$$

$$S = \text{Titrasyonda harcanan 0.1N HCl miktarı (ml)}$$

$$F = \text{HCl çözeltisinin faktörünü simgeler.}$$



Bulunan değer 6.38 faktörü ile çarpılarak yüzde protein hesaplanır(Yöney 1973).

Mikrobiyolojik analizlerde ise *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus bulgaricus* aranmıştır. *Streptococcus thermophilus* bakteri sayımı için M17 agar (OXOID) kullanılmış ve petriyer aerobik ortamda 37 °C'de 48 saat bekletilmiştir. (Anonymous 2007c, Anonymous 2007d). Hazırlanan dilüsyonlardan seyreltmesi uygun olanlardan 3'er paralel ekim yapılmıştır.

Dondurma örneklerinin hacim artış oranı; belirli bir hacimdeki miks ağırlığının, aynı hacimdeki dondurma ağırlığına oranlanması ile elde edilir. Yüzdesele olarak ifade edilir (Marshall vd 2003).

EPS üreten ve üretmeyen kültürler kullanılarak farklı inkübasyon şartlarında üretilen örneklerinin mikroyapısal özellikleri SEM cihazı (Quanta feg 250) ile belirlenmiştir. Örneklerin SEM analizleri, Namık Kemal Üniversitesi'nin merkezi laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Dondurma örnekleri duyusal yönden karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi için 10 kişilik bir uzman panelist grubu oluşturulmuştur. Duyusal değerlendirmede kullanılmak üzere özel panel formu (Tablo 2) hazırlanmıştır.

Tablo 2. Dondurma örnekleri için kullanılan duyusal analiz formu

Panelistin Adı Soyadı:.....										Panel Tarihi:/...../.....
Örnek No:.....										
Özellik	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Açıklama
Renk										(9:Mükemmel, 8:Çok iyi, 7:İyi, 6:Oldukça iyi, 5:Orta, 4:Az kötü, 3:Kötü, 2:Çok kötü, 1: Beğenmedim)
Pürüzlü-kaba yapı										(9:Mükemmel, 8:Çok iyi, 7:İyi, 6:Oldukça iyi, 5:Orta, 4:Az kötü, 3:Kötü, 2:Çok kötü, 1: Beğenmedim)
Sakızimsı Yapı										(9:Mükemmel, 8:Çok iyi, 7:İyi, 6:Oldukça iyi, 5:Orta, 4:Az kötü, 3:Kötü, 2:Çok kötü, 1: Beğenmedim)
Buzlu Yapı										(9:Mükemmel, 8:Çok iyi, 7:İyi, 6:Oldukça iyi, 5:Orta, 4:Az kötü, 3:Kötü, 2:Çok kötü, 1: Beğenmedim)
Ağızda Erime										(9:Mükemmel, 8:Çok iyi, 7:İyi, 6:Oldukça iyi, 5:Orta, 4:Az kötü, 3:Kötü, 2:Çok kötü, 1: Beğenmedim)
Tatlılık Düzeyi										(9:Mükemmel, 8:Çok iyi, 7:İyi, 6:Oldukça iyi, 5:Orta, 4:Az kötü, 3:Kötü, 2:Çok kötü, 1: Beğenmedim)
Ekşilik Düzeyi										(9:Mükemmel, 8:Çok iyi, 7:İyi, 6:Oldukça iyi, 5:Orta, 4:Az kötü, 3:Kötü, 2:Çok kötü, 1: Beğenmedim)
Krema Tadı										(9:Mükemmel, 8:Çok iyi, 7:İyi, 6:Oldukça iyi, 5:Orta, 4:Az kötü, 3:Kötü, 2:Çok kötü, 1: Beğenmedim)
Yabancı Tat										(9:Mükemmel, 8:Çok iyi, 7:İyi, 6:Oldukça iyi, 5:Orta, 4:Az kötü, 3:Kötü, 2:Çok kötü, 1: Beğenmedim)
Pişmiş Tat										(9:Mükemmel, 8:Çok iyi, 7:İyi, 6:Oldukça iyi, 5:Orta, 4:Az kötü, 3:Kötü, 2:Çok kötü, 1: Beğenmedim)
Süttozu Tadı										(9:Mükemmel, 8:Çok iyi, 7:İyi, 6:Oldukça iyi, 5:Orta, 4:Az kötü, 3:Kötü, 2:Çok kötü, 1: Beğenmedim)
Yoğurt Tadı										(9:Mükemmel, 8:Çok iyi, 7:İyi, 6:Oldukça iyi, 5:Orta, 4:Az kötü, 3:Kötü, 2:Çok kötü, 1: Beğenmedim)
Erimeye Dayanıklılık										(9:Mükemmel, 8:Çok iyi, 7:İyi, 6:Oldukça iyi, 5:Orta, 4:Az kötü, 3:Kötü, 2:Çok kötü, 1: Beğenmedim)
Ağızda Bıraktığı His										(9:Mükemmel, 8:Çok iyi, 7:İyi, 6:Oldukça iyi, 5:Orta, 4:Az kötü, 3:Kötü, 2:Çok kötü, 1: Beğenmedim)
Genel Beğeni										(9:Mükemmel, 8:Çok iyi, 7:İyi, 6:Oldukça iyi, 5:Orta, 4:Az kötü, 3:Kötü, 2:Çok kötü, 1: Beğenmedim)

Tablo 2’de gösterildiği üzere kullanılan formların çıktıları istatistiksel analizlerle değerlendirilmiştir. İstatistiksel analizler yapılan bütün analizler için herbir ölçüm için gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları ortalama değer (\pm) standart sapma olarak

verilmiştir. Ortalama ve standart sapma değerleri, JMP 5.0.1 programı kullanılarak hesaplanmıştır. Yanıt yüzey metodu, Design expert programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Backward eliminasyon sistemi kullanılarak herbir parametre için anlamlı model oluşturulmaya çalışılmıştır.

3.2.1.3 Dondurma Örneklerinin Reolojik Analizleri

3.2.1.3.1 Örneklerin Yatışkan Fazdaki Özelliklerinin Belirlenmesi

Dondurma mikslarının yatışkan fazdaki reolojik analizleri 5 °C'de 0.1 – 100 s-1 kesme hızı aralığında gerçekleştirilmiştir. Artan kesme hızına bağlı olarak kayma basınç değerleri elde edilmiştir. Analiz sırasında toplam 50 data alınmıştır. Elde edilen reolojik veriler, Ostwald de Waele modeline uymaktadır. Eşitlik 1 kullanılarak dondurma miks örneklerinin model parametreleri hesaplanmıştır. Elde edilen reolojik verilerin, Power-law, Herschel-Bulkley ve Casson modellerine uyumu test edilecek ve en yüksek determinasyon katsayısının (R2) elde edildiği model kullanılarak kıvam katsayısı ve akış davranış indeksi değerleri belirlenecektir.

Power law model: $\sigma = K \dot{\gamma}^n$ (1)

Burada σ kayma gerilimi (Pa), K kıvam katsayısı (Pa sn), $\dot{\gamma}$ kayma hızı (s-1) ve n akış davranış indeksidir.

3.2.1.3.2 Dynamic shear (Dinamik titreşimli kayma) Akış Davranış Özelliklerinin Belirlenmesi

Frequency sweep (süpürme frekansı) testleri, dynamic oscillatory shear rheometer (dinamik titreşimli kayma reometresi) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Frequency sweep testlerinin gerçekleştirilmesi için öncelikle doğrusal viskoelastik bölgenin belirlenmesi için amplitude sweep testleri uygulanmıştır. Amplitude sweep testi 10 rad/s'de 0.01 Pa ile 10 Pa arasında gerçekleştirilerek dondurma miks örneklerinin doğrusal linear bölgeleri belirlenmiştir. Frequency sweep testi ise 0.1 Pa kayma gerilimi altında 0.1 Hz ile 10 Hz frekans aralığında gerçekleştirilmiştir. Osilasyon (titreşim) testlerinde, örnekler sinusoidal bir osilasyon gerilimine veya deformasyonuna tabi tutulmuşlar ve bu şekilde elastikiyet modülü (G') ve vizkozite modülü (G'') değerleri belirli frekans değerlerine karşı belirlenmiştir. Loss tangent (Kayıp tanjant açısı, $\tan \delta$) değerleri de aşağıdaki denkleme göre belirlenmiştir.

$$\tan \delta = G''/G' \quad (2)$$

Sinusoidal gerilimine karşı örneklerin verdiği toplam reaksiyon kompleks modülü (G^*) ve kompleks vizkozite (η^*) denklemleriyle karakterize edilecektir.

$$G^* = [(G')^2 + (G'')^2]^{1/2} \quad (3)$$

$$\eta^* = G^*/\omega \quad (4)$$

Açısal frekans değerlerine karşı belirlenen dinamik reoloji parametreleri G' ve G'' , lineer regresyon analizine tabi tutulmuştur ve intercept (kesme) değerleri (K' , K'' and K^*), eğim değerleri (n' , n'' and n^*) ve R2 değerleri aşağıdaki denklemler kullanılarak hesaplanmıştır.

$$G' = K'(\omega)n' \quad (5)$$

$$G'' = K''(\omega)n'' \quad (6)$$

3.2.1.3.3 Creep-recovery (Sürünme toparlanması) davranış özelliklerinin belirlenmesi

Creep-recovery (sürünme toparlanması) testleri, dynamic oscillatory shear rheometer (dinamik titreşimli kayma reometresi) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sürünme toparlanma testi de 5 °C'de gerçekleştirilmiştir. Sürünme toparlanma testinde örnekler 153 saniye 0.1 Pa uygulanmış ve örneklerde meydana gelen deformasyon zamana bağlı elde edilmiştir. Daha sonra 297 sn süre ile dondurma mikserlerinin toparlanırlık özellikleri belirlenmiştir. Elastik ve vizkoz özellikler arasındaki matematiksel bağıntıyı ortaya koymak için çeşitli simülasyon metotları test edilmiştir. Bu amaçla, elastik deformasyon ve vizkoz akış, bir spring (yay) ve dashpot (amortisör) mekanizasyon elemanlarına göre simüle edilerek tanımlanmıştır. Bu tür mekanik simülasyonlarda en yaygın olarak kullanılan model Maxwell ve Kelvin Voigt modelleridir. Maxwell model birbirine seriler halinde bağlanmış bir yay ve bir amortisörden oluşurken, Kelvin model birbirine paralel bağlanmış bir yay ve amortisörden oluşmaktadır.

Zamana karşı belirli bir stress uygulayarak alınan kopmadan uzayabilirlik dataları, kayma deformasyonu ile kopmadan uzayabilme esnekliği fonksiyonu (Denklem 7) kullanılarak belirlenmiştir:

$$J(t) = \gamma(t)/\sigma \quad (7)$$

ki burada (γ) ayma deformasyonudur.

Bu projede gerçekleştirilecek kopmadan uzayabilme (creep-recovery) analizlerinde, Maxwell ve Kelvin Voigt modellerinden oluşan 4 komponentli Burger

modeli kullanılmıştır. Burger model, nispeten basit ve kabul edilebilir sonuçlar vermesinden dolayı, sistem deformasyonunun analizi için yaygın bir şekilde kullanılan modellerden biridir. Birim stres başına düşen sistem deformasyonu zamanın bir fonksiyonu olan esneklik (J) olarak adlandırılacak ve kayma deformasyonu aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır.

$$J(t) = \underbrace{\frac{1}{G_0}}_{\text{Elastik davranış}} + \underbrace{\frac{1}{G_1} \left[\exp\left(\frac{-t}{\tau_{ret}}\right) \right]}_{\text{Vizkoelastik davranış}} + \underbrace{\frac{t}{\eta_0}}_{\text{Vizkoz akış}} \quad (8)$$

$J(t)$, kopmadan uzayabilme fazındaki herhangi bir t anında ölçülen toplam esneklik, G_0 Maxwell biriminin anlık kayma modülü, η_0 , kalıcı viskoziteyi karşılayan Maxwell elementinin amörtisörü, G_1 , toplam esneklikte gecikmeli elastik bölgenin dağılımını ifade eden Kelvin-Voigt'in kayma modülü, τ_{ret} (η_1 / G_1), gecikme süresi ve η_1 de, iç viskoziteyi ifade eden Kelvin-Voigt ile ilgili amörtisör sistemidir. G_0 , G_1 , η_0 ve η_1 değerlerini hesaplanmış ve dondurma mikserlerinin iç yapıları birbirleri ile karşılaştırılmıştır (Dolz vd 2008). Üretilecek gıda ürünlerinin recovery fazlarındaki toparlanmayı tanımlayabilmek için de Burger denkleminin 1. dereceden türevi alınmış yarı empirik model kullanılmıştır (Diez –Sales vd 2007, Dolz vd 2008, Bayari vd 2009, Manconi vd 2010)

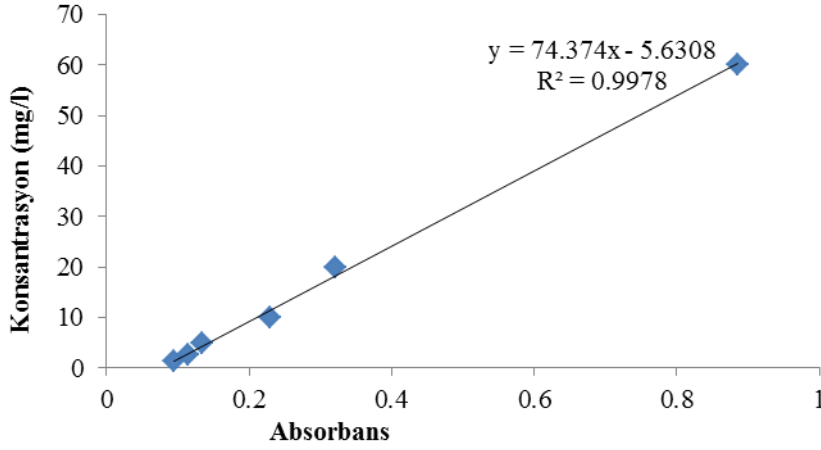
$$J(t) = J_{\infty} + J_{KV} \exp(-Bt^C) \quad (9)$$

ki burada t zamanı, B ve C ise sırasıyla test edilecek gıda sistemlerinin recovery fazı katsayılarını ifade etmektedir.

3.2.1.4 Dondurma Örneklerinin EPS Miktarlarının Belirlenmesi

5 gr örnek tartıldıktan sonra 4°C'de 5000 g de 5 dakika santrifüj edilir. Sonra supernatanta iki katı kadar ethanol (-20°C) eklenir ve 4°C'de bir gece bekletilen örnekler, 2000 g de 4°C de 15 dakika santrifüj edilir. Daha sonra üst kısım dökülür ve çöken kısım 10ml suda çözülür. Üzerine %10'u kadar TCA eklenir ve 4°C'de bir gece daha bekletildikten sonra 2000 g de 4°C de 15 dakika santrifüj edilir. Sonra supernatanta iki kati kadar hacim ethanol eklenir ve 4°C'de bir gece bekletilir. Sonrasında 2000 g de 4°C de 15 dakika santrifüj edilir ve çöken kısmı 5 ml su da çözülür. Hazırlanan bu örnekten 300 µl alındı, üzerine 900 µl konsantre sülfirik asit çözeltisi ilave edildi ve 180 µl % 5'lik fenol çözeltisi eklendikten sonra 5 dakika bekletildi. Daha sonra 490 nm'de ölçüm gerçekleştirildi. (Tallon vd 2003).

Kalibrasyon Grafiği



Şekil 2. Fenol testi için elde edilen kalibrasyon grafiği

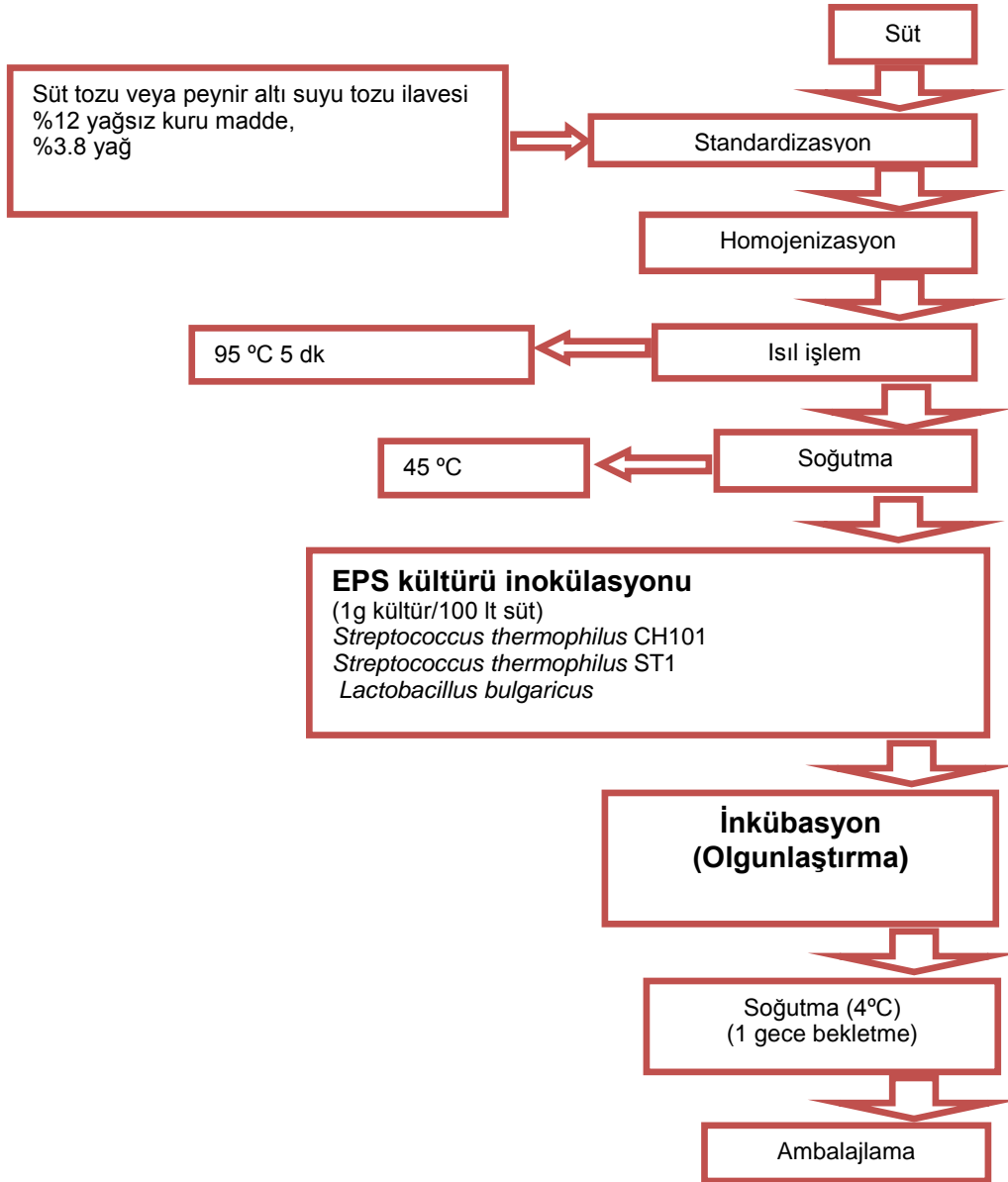
Ölçümden sonra elde edilen absorbans değeri kullanılarak Şekil 2’de gösterilen kalibrasyon grafiği yardımıyla örnekte bulunan EPS miktarı glukoz miktarı cinsinden belirlenmiştir.

3.2.2 Ayran Örneklerinin Hazırlanması ve Ayran Örneklerinin Analizleri

Ayran örnekleri hazırlanmadan önce yapılan RSM yöntemi sonuçlarına göre belirlenen inkübasyon ve sıcaklık değerleri belirlenmiştir. Tablo 1 bu değerleri göstermektedir.

3.2.2.1 Ayran Örneklerinin Hazırlanması

Ayran hazırlama aşamasında da süte % 1 oranında aktifleştirilmiş eps üreten *S.thermophilus* suşu ile *L. bulgaricus* suşu ilave edilerek, farklı inkübasyon şartlarında Tablo 1’de inkübasyon gerçekleştirilmiştir. Daha sonra inkübe edilen örnekler 1:1 oranında su ile mutfak robotu kullanılarak karıştırılmış ve 4 °C’de 1 gece bekletilmiştir. Ayran örneklerinin üretim akım şeması Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 3. Ayran üretim akış şeması

Ayran örnekleri üretimden sonra 4 °C 'de bir gece bekledikten sonra analiz edilmiştir.

3.2.2.2 Ayran Örneklerinin Fizikokimyasal, Mikrobiyolojik, Mikroyapısal Duyusal ve İstatistik Analizleri

Ayran örneklerinde yapılan fizikokimyasal (pH, kurumadde, yağ tayini, protein tayini) ve mikrobiyolojik ve mikroyapısal analizler dondurma örneklerinde yapılanlarla benzerdir. Aynı metodlar kullanılmıştır. Fizikokimyasal analizlere ek olarak ayranlarda serum ayrılması ve titrasyon asitliği testleri yapılmıştır. Ayran

örneklerinden 100 mL'lik mezürlere alındıktan sonra 14 gün depolandı. 7. Günde ve 14. Günde gözlenmlenen faz ayrımları yüzde olarak alınır (Atamer ve Sezgin 1987). Ayran örneklerinde asitlik tayini alkali titrasyon yöntemine göre yapılmıştır. Alkali olarak 0.1 N NaOH kullanılmış ve sonuçlar % laktik asit cinsinden ifade edilmiştir. Ayranda ise 10 gr. ayran örneği üzerine önce kaynatılmış sonra 40 °C'ye soğutulmuş damıtık sudan 10 ml ilave edilmiştir. Homojen karışım 3 damla fenolftalein indikatörü kullanılarak 0,1 N NaOH ile en az 30 saniye kalıcı pembe renk elde edilinceye kadar titre edilmiş ve sonuçlar % laktik asit cinsinden ifade edilmiştir (Metin ve Öztürk 2002). Ayran örneklerinin mikrobiyolojik analizleri içinse *Streptococcus thermophilus* bakteri sayımı için M17 agar (OXOID) kullanılmış ve petriyer aerobik ortamda 37 °C'de 48 saat bekletilmiştir. (Anonymous 2007c, Anonymous 2007d). *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* bakteri sayımı için MRS agar (OXOID) kullanılmış 37 °C'de 72 saat bekletilmiştir. (Anonymous 2007a, Anonymous 2007b). Hazırlanan dilüsyonlardan seyreltmesi uygun olanlardan 3'er paralel ekim yapılmıştır. Ayran örneklerinin mikroyapısal özelliklerinin belirlenmesi yine SEM görüntü cihazı ile belirlenmiştir ve eps üretim miktarlarının belirlenmesinde dondurmaya aynı metod kullanılmıştır. Ayran örnekleri duyuşal yönden karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi için 10 kişilik bir uzman panelist grubu oluşturulmuştur. Duyuşal değerlendirmede kullanılmak üzere özel panel formu (Tablo 3) hazırlanmıştır.

Tablo 3. Ayran örnekleri için kullanılan duyuşal analiz formu

Panelistin Adı Soyadı:...../...../.....		Panel Tarihi:							
Örnek No:.....									
Duyuşal Özellikler	Değerlendirme								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Renk									
Koku									
Görünüş									
Tat-Aroma									
Yapı-Kıvam									

Genel Beğeni									
Puanlama	Çok iyi :9, Oldukça iyi :8, İyi :7, Biraz İyi :6, Yorumuz :5, Biraz kötü :4, Kötü :3, Oldukça Kötü :2, Çok kötü :1								

Ayran örnekleri için kullanılan bu formun çıktıları istatistik analizleri ile değerlendirilmiştir.

Ayran örneklerinin eps miktarlarını belirlemek için kullanılan method dondurma örnekleri için kullanılan methodla aynıdır (Tallon vd 2003).

3.2.2.3 Ayran Örneklerinin Reolojik Analizleri

Hazırlanan ayran örneklerinin yatışkan ve dinamik fazdaki reolojik parametrelerinin sıcaklığa bağlı değişimini gözlemleyebilmek için temperature sweep testi uygulanmıştır. Uygulanan sıcaklık değerleri 5 - 30 ° C arasında değişiklik göstermiştir. Yatışkan fazda uygulanan kesme hızı 50 s⁻¹ uygulanmış iken, dinamik fazda ölçümler 1 Hz de gerçekleştirilmiştir.

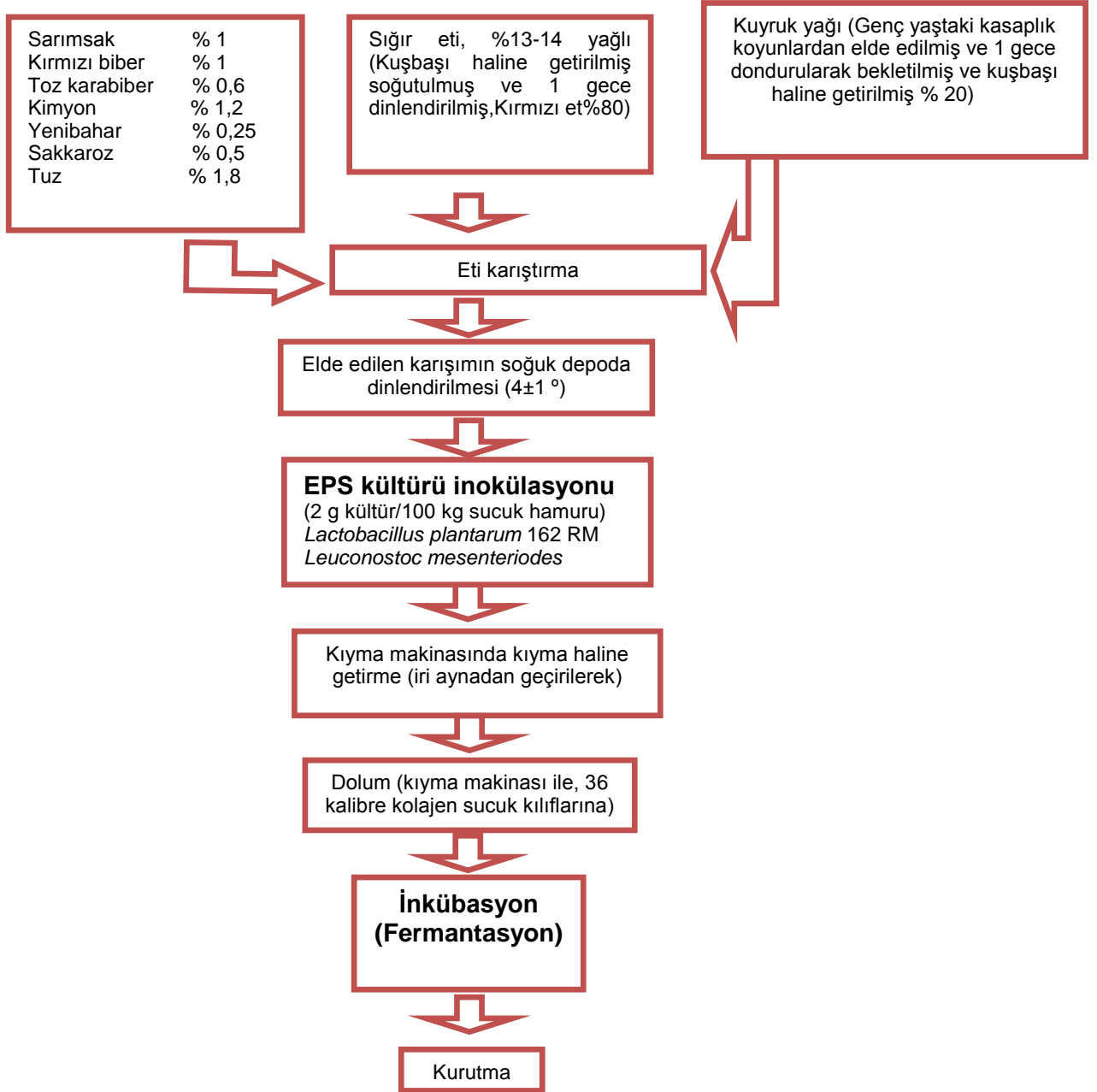
3.2.3 Sucuk Örneklerinin Hazırlanması ve Sucuk Örneklerinin Analizleri

Asıl ölçümlere geçmeden önce üretimin optimize edilmesi için ön denemeler yapılmıştır. Fizikokimyasal ve duyuusal analizlerin değerlendirilmesi sonucunda esas analizlere geçilmiştir

3.2.3.1 Sucuk Örneklerinin Hazırlanması

Sucuk üretiminde orta yaşlı kasaplık hayvanlardan elde edilen yağsız sığır eti ve kuyruk yağı kullanılmıştır. Öncelikle et ve kuyruk yağı kuşbaşı halinde doğranmıştır. Üzerine önceden karışım haline getirilen formülasyondaki baharatlar eklendikten sonra karıştırılmış ve +4°C'de bir gün bekletilmiştir. Daha sonra hazırlanan karışım, 36 kalibrelik aynalı kıyma makinesinden geçirilerek kıyma haline getirilmiştir ve aynı anda sucuk dolum ucuda makineye takılmıştır. Böylelikle et-yağ-baharat karışımı tek bir seferde kıyma haline getirilmiş ve dolum işlemi gerçekleştirilmiştir. Dolum 36 kalibrelik kalojen kılıflara yapılmıştır. Sucuk üretiminde de ayran ve dondurma örnekleri gibi 4 farklı ana üretim yapılmıştır. Bu üretimler; kontrol örneği (etin doğal mikroflorası kullanılarak üretilen sucuk), *Leuconostoc mesenteroides* suşu ilave edilmiş sucuk, *Lactobacillus plantarum* suşu ilave edilmiş örnek ve bu iki suşun karışımı ilave edilmiş sucuk örnekleridir. Suşlar sucuk örneğine katılmadan 1 gün önce aktifleştirilir. Aktifleşen kültürler steril santrifüj tüplerine alınarak 2000 rpm'de 5 dakika santrifüj edilir. Çöken kısım peptonlu sularda çözülerek kuşbaşı halindeki karışıma %1 miktarında

dolum işleminden 30 dakika önce ilave edilmiştir. Kontrol örneğine ise suş katılmadığı için sadece peptonlu su katılmıştır.



Şekil 4. Sucuk üretim akış şeması

Sucuk dolumu gerçekleştirilen örnekler belirli uzunluklardaki batonlar halinde iplerle bağlanır ve daha önceden istenilen sıcaklık ve neme ayarlanan iklimlendirme kabineye asılmıştır (Şekil 5). Sucuk batonları asılmadan önce hava kabarcıkları steril iğneler ile delinmiştir. İklimlendirme kabininin sıcaklık ve nem değerleri önceden ayarlanmıştır.



Şekil 5. İklimlendirme kabinine asılı sucuk batonu

Fermantasyon sırasında uygulanacak sıcaklık ve süre değerleri Tablo 4'de gösterilmiştir. Fermantasyon süresince iklimlendirme kabininin nem değerleri aşağıdaki gibidir:

İlk 2 Gün: % 90 nisbi nem

3.-5. Gün: % 85 nisbi nem

5. Gün sonrası: % 80 nisbi nem

Bütün sucuk örnekleri (kontrol örneği, *Leuconustoc mesentereoides* suşu ilave edilmiş örnek, *Lactobacillus plantarum* suşu ilave edilmiş örnek ve bu iki suşun karışımının ilave edilmiş olduğu örnek) için bu parametler uygulanacaktır. Sucuk örneklerine ait deneme dizaynı ise Tablo 4'teki gibidir.

Tablo 4. Sucuk örneklerine ait deneme dizaynı

Örnek	İnkübasyon Sıc. (°C)	İnkübasyon Süre (gün)
R1	14	8
R2	14	12
R3	14	16
R4	16	8
R5	16	12
R6	16	12
R7	16	16
R8	18	8
R9	18	12
R10	18	16

Tablo 4'ten de görüldüğü üzere RSM yöntemine göre belirlenen inkübasyon sıcaklık ,inkübasyon sonlandırma süreleri sırasıyla 14, 16 ve 18 °C ve 8, 12 ve 16. günlerdir.

3.2.3.2 Ayran Örneklerinin Fizikokimyasal, Mikrobiyolojik, Mikroyapısal Duyusal ve İstatistik Analizleri

Sucuk örneklerinin pH analizi, Gökalp ve arkadaşlarının 1995 yılında belirttiği metoda göre gerçekleştirilmiştir. 10 ± 0.01 g örnek tartılıp behere alınmıştır ve üzerine 100 ml saf su ilave edilmiştir. Elde edilen karışım, ultraturaksta iyice parçalandıktan sonra (750 rpm - 5dk), pH metrenin probu bu karışıma daldırılmış ve pH metre ekranındaki değer sabitlendikten sonra, örneklere ait pH değerleri kaydedilmiştir. Sucuk örneklerine ait pH ölçümü 3 paralel olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

Sucuk örneklerinin kurumadde miktarları belirlenirken belirli miktardaki sucuk örneği 100 ± 2 °C'de sabit tartıma ulaşana kadar kurutulması ile gravimetrik olarak belirlenmiştir (AOAC 1990). Sonuçlar % toplam kurumadde olarak ifade edilmiştir (Gökalp vd 1995).

Örneklerin protein içerikleri, kejdal metodu ile belirlenmiştir. Kjeldahl sistemi infrared ısıtıcı, distilatör ve otomatik titratörden oluşmaktadır (Behr InKjel 625P/S5/TB1, Germany). Yaklaşık 1 gram et örneğine 15 ml sülfirik asit eklenmiştir ve sonra 1 kjedahl tableti (5gr) (SIAL) ilave edilmiştir. Hazırlanan karışım infrared kjeldahl ısıtıcıda şu sıraya göre yakılmıştır: %50'de 30 dakika, %70'de 30 dakika, %100'de 60 dakika yakılmıştır. Yanan solüsyon %40'lık NaOH ve %3'lik borik asitle seyreltilmiştir ve sonra bu karışım 0.1 N HC1 kullanılarak otomatik titratörle pH 4.6 oluncaya kadar titre edilmiştir. Protein içeriğinin hesaplanmasında 6.25 faktörü kullanılmıştır (Gökalp vd 1995).

Sucuk örneklerinin yağ içeriği soksalet metoduyla belirlenmiştir. Kurutulmuş sucuk örnekleri hekzan kullanılarak soksalet ekstraksiyon sisteminde (Daihan WHM-12293, South Korea) sucuk örneklerindeki yağ ekstrakt edilmiştir. Daha sonra hekzan rotary evaporatör ile evapore edilmiş ve örneklerden ekstrakte edilen yağ miktarı belirlenmiştir (Gökalp vd 1995).

Mikrobiyolojik analizlerde ise sucuk örneklerinde bulunan laktik asit bakteri miktarı belirlenmiştir. Sucuk örneklerine ait laktik asit bakterilerinin miktarı, MRS agar (Merck) kullanılarak belirlenmiştir (Anonymous 2007a, Anonymous 2007b). Ön denemeler sonucunda örnekler için uygulanacak dilüsyon oranı belirlenmiştir. 10 gram sucuk örneği stomacher poşetine tartılarak üzerine 90 ml saf su ilave edilmiştir. Daha sonra iyi bir şekilde homojenize edilen örnekler, seyreltilmiştir. Yayma yöntemiyle ekimi yapılan örnekler, 37 °C'de 48-72 saat inkübe edildikten sonra sayma işlemi gerçekleştirilmiştir. Yukarıda açıklanan fizikokimyasal ve mikrobiyolojik analizler sucuk örneklerinin yanısıra çiğ et ve kuyruk yağı



örneklerine de uygulanmıştır ve tüm bu analizler 3'er paralel olarak gerçekleştirilmiştir. Sucuk örnekleri için yapılan mikroyapısal örnekler SEM görüntü cihazı ile gerçekleştirilmiştir.

Sucuk örnekleri duyuşal yönden karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi için 15 kişilik bir panelist grubu oluşturulmuştur. Duyusal değerlendirmede, sucuk örnekleri için özel panel formu hazırlanmıştır. Sucuk örnekleri için hazırlanan duyuşal formu Tablo 5'de gösterilmiştir. Duyusal analizler, çiğ ve pişmiş sucuk örnekleri için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Panelistlere, duyuşal analiz öncesinde çalışma hakkında özet bir bilgi verilmiştir. Duyusal analiz sırasında panelistlere örnekler arasında ağızlarını temizleyebilmeleri için sucuğun yanında suda verilmiştir.

Tablo 5. Sucuk örnekleri için kullanılan duyuşal analiz formu

Panelistin Adı Soyadı:		Panel Tarihi:/...../.....							
Örnek No:									
Çiğ sucuk örneği									
Duyusal Özellikler	Değerlendirme								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Dış yüzey rengi									
Kesit yüzey rengi									
Tipik sucuk kokusu									
Dış görünüş									
Kesitte Mozaik Görünüş									
Tekstür									
Genel Beğeni									
Pişmiş sucuk örneği									
Duyusal Özellikler	Değerlendirme								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Renk									
Tipik Sucuk Kokusu									
Görünüş									
Tat									
Ekşi Tat									
Tekstür									
Genel Beğeni									
Puanlama	Çok iyi: 9, Oldukça İyi: 8, İyi: 7, Biraz İyi: 6, Orta: 5, Biraz Kötü: 4, Kötü: 3, Oldukça Kötü: 2, Çok Kötü: 1								

Elde edilen duyuusal analiz çıktıları istatistik analizi ile değerlendirilmiştir.

İnkübasyon süresi tamamlanan sucuk örneklerindeki eps üretim miktarını belirleme metodu ayran ve dondurma da yapılan methodla aynıdır (Tallon vd 2003)

3.2.3.3 Sucuk Örneklerinin Tekstürel Analizleri

Sucuk örneklerinin tekstürel analizleri, tekstür analiz cihazı (Stable Micro Systems, TA.HDplus) kullanılarak belirlenmiştir. Sucuk örneklerinin tekstürel analizlerinin belirlenmesi için TPA testi (Tekstür profil analizi), alüminyum prob (P/36) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analiz sırasında uygulanan test hızı, test öncesi hızı ve test sonrası hızı sırasıyla 5 mm/s, 1 mm/s ve 1 mm/s olarak belirlenmiştir. Uygulanan deformasyon strain değeri üzerinden belirlenmiş olup, sucuk örnekleri için bu değer % 50 olarak belirlenmiştir. Test öncesinde sucuk örnekleri 1 cm yüksekliğinde silindir şeklinde kesildikten sonra 1 saat buzdolabı sıcaklığında (4 °C) bekletilmiştir. Daha sonra buzdolabından alınan örneklerin tekstür analizi gerçekleştirilmiştir. Uygulanan tekstür analizi ile sucuk örneklerinin sertlik (hardness), yapışkanlık (adhesiveness), elastikiyet (springiness), esneklik (resilience), bağlayıcılık (cohesiveness), gamsılık (gumminess) ve çiğnenebilirlik (chewiness) özellikleri belirlenmiştir.



4. BULGULAR

Bulgular kısmında materyal metod kısmında anlatılan tüm analizler gerçekleştirilmiş olup elde edilen dotalar sunulmuştur. Materyal metod'ta yazıldığı formatta dondurma, ayran ve sucuk üretimi gerçekleştirilmiş ve toplam 120 örnek analiz edilmiş olup, sonuç dotaları aynı sırayla verilmiştir.

4.1 Dondurma Örneklerinin Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri

4.1.1 Dondurma Formülasyonunda Kullanılan Hammaddelerin Özellikleri

Süt ürünlerinde kullanılan starter kültürlerin büyük çoğunluğunu laktik asit bakterileri oluşturmaktadır. Hem süt şekerini parçalayıp süt asidi meydana getirmeleri hem de süt yağı ve proteinleri parçalayarak oluşturduğu metabolitleriyle kendine özgü tat, aroma ve görünüşteki iyileşmeyi sağlamaları tercih sebebidir. Fakat artık proteolitik ve probiyotik özelliklerinin yanında eps üreten laktik asit bakterilerinin kullanılması fermente süt ürünlerinde önem kazanmaya başlamıştır (Ruas-Madiedo vd 2002). Çalışma da EPS üreten bakteriler olarak kullandığımız *Lactobacillus delbrueckii ssp bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, *Leuconostoc mesenteroides* gibi bakterilerden 2001 yılında yapılan bir çalışmada EPS üretme yeteneğine sahip olan laktik asit bakterileri listesinde yer verilmiştir (Kılıç 2001). Dondurma formülasyonunda kullanılan bileşenlerin bazı özellikleri Tablo 6'da gösterilmektedir.

Tablo 6. Dondurma formülasyonunda kullanılan hammaddelerin bazı özellikleri

Bileşenler	Kurumadde(%)	Yağ(%)	Protein(%)	M17(log/mL)
Süt	12 ± 0.01	2.95 ± 0.07	2.93 ± 0.14	4.32 ± 0.17
Şeker	96.82 ± 0.08	-	-	-
Emülgatör	97.10 ± 0.32	-	-	-
Süttozu	95.29 ± 0.09	0	34.87 ± 1.18	-
Krema	72.49 ± 1.20	62.50 ± 2.12	1.04 ± 0.10	5.10 ± 0.25
Kültür (kontrol)	-	-	-	7.41 ± 0.01
Kültür (eps1)	-	-	-	8.72 ± 0.02
Kültür (eps2)	-	-	-	7.45 ± 0.68

Dondurma örneklerinin formülasyonunda kullanılan hammaddelerin bazı fizikokimyasal özellikleri verilmiştir. Formülasyonda kullanılan lab, bileşenlerden sütte 4.32 log/ml, kremada da 5.10 log/ml tespit edilmiştir. Gürsel ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada sütün mikrobiyolojik sayım sonuçları 6.4 ile 7.0 değerleri arasında bulunmuştur. Dondurma örneklerinde kullanılan suşlarda ise 7.41 ile 8.72 değerleri arasında *Streptococcus thermophilus* tespit edilmiştir. Yağ içeriği azaltılmış kaşar peynirinde ekzopolisakkarit üreten



kültür kullanımı üzerine etkisinin bakıldığı bir araştırmada M17 agarda bakılan 2 farklı suşun değerleri 11.1 ve 11.3 log/ml olarak tespit edilmiştir. Bu bakteriler pastörize sütte aktifleştirilmiştir ve o şekilde M17 agardaki sayımı gerçekleştirilmiştir (Gürsel A. Vd., 2005). Sütün kurumadde, yağ, protein yüzde değerleri sırasıyla 12, 2.95 ve 2.93 olarak tespit edilmiştir. Başka çalışmalara göre; sütteki kurumadde miktarı 11.88, 3.38 Anonim (1981) ve protein miktarı da 3.21 olarak (Kurt vd., 1993) verilmiştir. Krema da ise kurumadde yağ ve protein yüzde değerleri sırasıyla 72.49, 62.50 ve 1.04 tespit edilmiştir. Başka çalışmalarda krema değerleri şöyledir; kurumadde, yağ ve protein olmak üzere sırasıyla 70.56 (Anonim 1981), 68.9 (Anonim 1975) ve 0.79 (Kurt vd., 1993) bulunmuştur. Bileşenlerin değerleri arasında paralellik vardır. Dondurma formülasyonu ana bileşenleri Gıda mevzuatı Tebliğ ile TS 4265 sayılı Dondurma-Süt Esaslı Standart'ına uymaktadır.

4.1.2 Dondurma Örneklerinin Fizikokimyasal, Mikrobiyolojik ve Duyusal Özellikleri

Dondurma örneklerinin belirlenen inkübasyon sıcaklık ve sürelerinde hazırlandıktan sonra fizikokimyasal özelliklerine ve mikrobiyolojik değerlerine M17 agarda bakılmıştır. Tablo 7'de bu değerler sunulmuştur. Materyal metotta bahsedildiği üzere kullanılan suşlar şu şekildedir: Kontrol; eps üretmeyen suş, 1.suş; eps üreten suş, 2. suş; eps üreten diğer suş, karışım; eps üreten 1. suş ve 2. suşun karışımından oluşmaktadır. Dondurmaya inoküle edilen eps üreten ve üretmeyen bakterilerin mikrobiyal yükü 10^7 kob/ml 'dir. Bioice yaptığı bir araştırmada dondurma üretiminde laktik asit bakterileri kullanmıştır. Üretilen dondurma da 10^5 - 10^7 kob/ml laktik asit bakterisi kullanan Bioice laktik asit bakterilerinin bu miktarla inoküle edilmesi laktik asit bakterilerinin istenen bütün özelliklerini gösterebilmesi için yeterli bir miktar olduğunu rapor etmiştir (Bioice 2000).

Tablo 7. Dondurma örneklerinin pH, kurumadde, yağ, protein, hacim artışı ve mikrobiyolojik değerleri

Örnekler	Kontrol	1.suş	2.suş	Karışım	Kontrol	1.suş	2.suş	Karışım
	pH				Kurumadde(%)			
R1	5.35 ^{De}	5.53 ^{Ca}	6.12 ^{Aa}	5.67 ^{Ba}	30.91 ^{Ac}	29.69 ^{Bg}	27.12 ^{Ce}	30.33 ^{ABf}
R2	5.41 ^{Cb}	5.25 ^{Dd}	5.86 ^{Ab}	5.45 ^{Bb}	31.30 ^{Bc}	29.78 ^{Cg}	28.98 ^{Dd}	31.91 ^{Ade}
R3	5.44 ^{Ba}	5.20 ^{Cf}	5.79 ^{Ac}	5.12 ^{Dg}	34.68 ^{Aa}	31.93 ^{Bc}	29.98 ^{Ccd}	32.08 ^{Bd}
R4	5.40 ^{Ac}	5.05 ^{Dg}	5.27 ^{Cf}	5.39 ^{Bc}	29.69 ^{Bd}	30.59 ^{Ae}	29.61 ^{Bcd}	30.96 ^{Aef}
R5	5.21 ^{Bg}	5.02 ^{Dh}	5.29 ^{Ae}	5.17 ^{Ce}	32.84 ^{Bb}	32.16 ^{Cab}	30.33 ^{Dc}	33.95 ^{Abc}
R6	5.21 ^{Bg}	5.02 ^{Dh}	5.25 ^{Ag}	5.12 ^{Cf}	33.49 ^{Ab}	32.07 ^{Cb}	30.11 ^{Dc}	33.29 ^{Bc}
R7	5.11 ^{Al}	4.95 ^{Cl}	5.11 ^{Al}	4.98 ^{Bl}	31.35 ^{Cc}	32.23 ^{Ba}	31.48 ^{Cb}	33.82 ^{Abc}
R8	5.35 ^{Ad}	5.35 ^{Ab}	5.31 ^{Bd}	5.18 ^{Cd}	31.25 ^{Bc}	29.76 ^{Cg}	29.49 ^{Ccd}	31.96 ^{Ade}
R9	5.25 ^{Bf}	5.31 ^{Ac}	5.18 ^{Ch}	5.05 ^{Dh}	33.14 ^{Bb}	30.14 ^{Df}	31.47 ^{Cb}	34.69 ^{Aab}
R10	5.15 ^{Bh}	5.24 ^{Ae}	5.07 ^{Bj}	4.98 ^{Cl}	34.55 ^{Ba}	31.76 ^{Dd}	32.69 ^{Ca}	35.50 ^{Aa}
Yağ(%)					Protein(%)			
R1	4.10 ^{Ac}	4.30 ^{Aab}	4.30 ^{Aabc}	4.05 ^{Ad}	1.52 ^{Ba}	2.71 ^{Aa}	1.81 ^{Bb}	2.82 ^{Accd}
R2	4.05 ^{Bc}	4.70 ^{Aa}	4.10 ^{Bbc}	4.10 ^{Bcd}	1.49 ^{Bab}	1.55 ^{Bc}	1.59 ^{Bbc}	2.62 ^{Af}
R3	4.20 ^{Bbc}	4.70 ^{Aa}	4.10 ^{Bbc}	4.05 ^{Bd}	1.11 ^{Ccd}	1.49 ^{Cc}	2.26 ^{Ba}	2.87 ^{Ac}
R4	4.10 ^{Bc}	4.20 ^{Bb}	4.50 ^{Aab}	4.50 ^{Aab}	1.00 ^{Cde}	1.63 ^{Bc}	1.60 ^{Bbc}	2.61 ^{Af}
R5	4.05 ^{Bc}	4.40 ^{Aab}	4.30 ^{ABabc}	4.40 ^{Aabc}	1.14 ^{Ccd}	1.67 ^{Bc}	1.38 ^{BCbcd}	2.69 ^{Aef}
R6	4.40 ^{Aabc}	4.50 ^{Aab}	4.10 ^{Bbc}	4.35 ^{Abcd}	1.60 ^{Ba}	1.15 ^{Cd}	1.28 ^{Ccd}	2.73 ^{Ade}
R7	4.40 ^{Babc}	4.40 ^{Bab}	4.70 ^{Aa}	4.70 ^{Aa}	1.19 ^{Cbcd}	2.26 ^{Bb}	2.26 ^{Ba}	3.01 ^{Aa}
R8	4.35 ^{Babc}	4.40 ^{Bab}	4.05 ^{Cc}	4.70 ^{Aa}	0.88 ^{Cde}	1.00 ^{BCd}	1.09 ^{Bd}	2.90 ^{Abc}
R9	4.60 ^{Aab}	4.10 ^{Cb}	4.25 ^{BCbc}	4.50 ^{ABab}	0.70 ^{De}	1.77 ^{Cc}	2.27 ^{Ba}	2.84 ^{Ac}
R10	4.70 ^{Aa}	4.30 ^{Bab}	4.30 ^{Babc}	4.70 ^{Aa}	1.37 ^{Cabc}	1.13 ^{Dd}	1.79 ^{Bb}	2.99 ^{Aab}
Hacim artışı (%)					M17(log/mL)			
R1	26.49 ^{Cc}	29.35 ^{Al}	29.59 ^{Accd}	27.87 ^{Bd}	5.93 ^{Be}	4.74 ^{Dd}	5.45 ^{Cd}	6.70 ^{Ad}
R2	30.04 ^{Bb}	32.65 ^{Ab}	30.38 ^{Bbc}	28.26 ^{Ccd}	6.12 ^{Bcde}	4.74 ^{Cd}	6.13 ^{Bc}	6.75 ^{Ad}
R3	30.34 ^{Db}	32.99 ^{Aa}	31.71 ^{Ca}	32.10 ^{Bb}	6.02 ^{Dde}	6.70 ^{Cc}	7.33 ^{Ab}	7.07 ^{Bc}
R4	24.64 ^{Cd}	30.73 ^{Ag}	27.58 ^{Be}	22.80 ^{De}	6.11 ^{Ccde}	7.72 ^{ABb}	7.40 ^{Bb}	7.88 ^{Ab}
R5	30.51 ^{Bb}	31.15 ^{Af}	29.64 ^{Ccd}	27.90 ^{Dd}	6.28 ^{Cbc}	8.30 ^{Aa}	7.80 ^{Ba}	8.26 ^{Aa}
R6	30.70 ^{Bb}	31.82 ^{Ad}	29.36 ^{Cd}	29.36 ^{Cc}	6.18 ^{Dbcd}	8.33 ^{Aa}	7.68 ^{Ca}	8.24 ^{Ba}
R7	33.28 ^{Aa}	32.90 ^{Ba}	30.31 ^{Dbc}	31.59 ^{Cb}	6.38 ^{Cb}	8.32 ^{Aa}	7.72 ^{Ba}	8.25 ^{Aa}
R8	22.54 ^{De}	30.41 ^{Ah}	27.82 ^{Ce}	28.70 ^{Bcd}	6.09 ^{Dcde}	8.14 ^{Aab}	7.38 ^{Cb}	7.88 ^{Bb}
R9	23.37 ^{Ce}	31.46 ^{Ae}	30.60 ^{Bb}	31.08 ^{Ab}	6.26 ^{Cbcd}	8.16 ^{Aab}	7.33 ^{Bb}	8.08 ^{Aab}
R10	32.70 ^{ABa}	32.19 ^{Bc}	32.46 ^{Ba}	33.33 ^{Aa}	7.04 ^{Da}	8.07 ^{Bab}	7.77 ^{Ca}	8.21 ^{Aa}

A-D Aynı örnekler arasındaki suşların farklılık düzeyini gösterir (P < 0.05).

a-l Aynı suşlar arasındaki örneklerin farklılık düzeyini gösterir (P < 0.05).

Tablo 7'den görüldüğü üzere pH değerleri kontrol suşunda 5.11 ile 5.44 değerleri arasında görülmektedir. R5 ve R6 örnekleri aynı örneklerdir. 5.21değeri ile istatistiki açıdan aralarında doğal olarak fark çıkmamıştır. R7 ve R10 örneklerinin pH değerleri diğer örneklerle göre daha



düşüktür. Bunun sebebi uzun inkübasyon sürelerine sahip olmaları ve 32 °C olan R1, R2 ve R3 e göre daha yüksek olması nedeniyle olabilir. En yüksek pH değeri 5.44 tür ve bunun sebebi sıcaklığının diğer inkübasyon sıcaklıklarından yüksek olmasında kaynaklanabilir. Şöyleki kontrol kültüründeki eps olmadığından dolayı o sıcaklıkta daha az gelişerek asitliği daha az düşürmüşlerdir yorumu yapılabilir. Daha önceki çalışmalar da pH'ın düşüşü ile eps arasında bir ilişki olduğunu göstermektedir (Goh vd., 2008). R1 örneği diğer suşlarla kıyaslandığında en düşük pH değerine sahiptir. Bunun sebebi ise eps üreten bakteriler için uygun sıcaklık ve süre oluşmamıştır. Bütün suşlara bakıldığında en düşük pH değeri 4.95 değer ile 1.suştaki R7 örneğidir. Eps üreten bu bakteriler için en uygun inkübasyon sıcaklık ve süresini R7 örneği en düşük pH değerine sahip olmakla göstermiştir. Asitliği en fazla bu örneğin düşürmesiyle en fazla bakteri gelişiminin bu örnekte olduğu söylenebilir. Genel olarak tabloya bakıldığında ve suşların örnekleri aralarında kıyaslandığında, R1 örneğinden R10 örneğine doğru sıcaklıklara göre gruplandırıldığında aynı sıcaklıklara ait pH değerlerinde, inkübasyon süresi arttıkça bir azalma gözlemlenmektedir. Buradan su sonuç rahatça söylenebilir: Aynı suştaki ve aynı sıcaklıktaki örneklerin inkübasyon süreleri arttıkça örneğin asitliği artmakta ve pH değerlerinde bir azalma görülmektedir. Ayrıca bütün suşlarda kendi örnekleri arasında R5 ve R6 örnekleri için istatistiki açıdan bir fark görülmemiştir. Bu örnekler birbirinin tekrürü olduğundan dolayı sonuçlarının aynı örneklerin farklılık göstermemesi analizin doğruluğunu pekiştirmektedir. Kurumadde analizi sonuçlarına bakıldığında kontrol suşu, suş 1, suş 2 ve karışım örneklerinin yüzde kurumadde değerleri sırasıyla 29.69 - 34.68, 29.69 - 32.23, 27.12 - 32.69 ve 30.33 - 35.50 değerleri arasındadır. R5 ve R6 örnekleri aynı suşlarda aynı örnekler olduğundan dolayı kendi aralarında doğal olarak bir farklılık göstermemiştir. Fakat bu örnekler suşlar arasında istatistiki açıdan önemli bir farklılık göstermişlerdir . Bütün suşlarda aynı inkübasyon sıcaklığına ait inkübasyon süreleri arttıkça yüzde kurumadde değerleri de artmaktadır. Buna ek olarak aynı suşun aynı sıcaklık değerlerine ait (yüksek sıcaklık değerlerinde) örnekleri arasında inkübasyon süresine ait değişikliklerle beraber bir değişim söz konusudur. Yani yüksek sıcaklıklardaki inkübasyon süresine sahip olan R8, R9 ve R10 örneklerinde, herbir suşa kendi örnekleri için ayrı ayrı bakıldığında, inkübasyon süresine ait bir anlamlılık tespit edilmiştir. Şöyleki: bu örneklerin inkübasyon süresinin artması yüzde kurumadde değerlerini artırmıştır ve bu durum inkübasyon süresinin kurumadde üzerindeki etkisini göstererek istatistiki açıdan önem arz etmektedir. R10 örneğinin bütün suşlarının kurumadmesine bakıldığında da bütün net bir şekilde suşları arasında farklılık istatistiki açıdan da önemli olarak görülmektedir. Dondurmada bulunan bu yüzde kurumadde değerleriyle paralellik gösteren başka çalışmalarda bulunmaktadır (Güven and Karaca, 2002, Akalın ve Erişir 2008,) Kaşar peynirinde kullanılan es üreten bakterilerin kurumadde üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada eps kültür kullanımının kurumadde üzerinde etkili olmadığı rapor edilmiştir (Gürsel



vd 2005). Bunun sebebi ise galaktozun peynir pıhtısındaki tuttuğu su miktarının kontrol örneklerinde tutulan su miktarından daha fazla olmasına bağlanmaktadır. Bu nedenle epsnin etkileri farklı fermente süt ürünlerindeki farklı interaksiyonlardan dolayı farklı etkilere sebep olabilmektedir. Yağ analizi sonuçlarına bakıldığında kontrol suşu, suş 1, suş 2 ve karışım örneklerinin yüzde yağ değerleri sırasıyla 4.05 – 4.70, 4.10 – 4.70, 4.05 – 4.70 ve 4.05 – 4.70 değerleri arasındadır. Homayouni ve arkadaşlarının 2008 yılında yaptığı bir çalışmaya göre yağ değerleri %4 civarından daha düşük bulunmuştur. (Phianmongkhol vd., 2012) Fakat buradaki sonuçlara paralel gösteren sonuçlarda bulunmuştur (Goff 1997) Dondurma örneklerine ait bu yüzde yağ değerleri aynı örneklerin suşları arasında ve aynı suşların örnekleri arasında anlamlı büyük bir farklılık göstermemiştir. Dondurmadaki yağ içeriğinin yanında dondurma içerisindeki yağ dağılımı da önemlidir. Yağ dağılımının homojenize olmaması erimeyi kolaylaştırır. Bu durum da dondurmada en son istenecek yapısal özelliklerden biridir. Viskozitenin artması yağ agregasyonunu azaltır (Goh vd., 2008). Buradan yola çıkarak eps üreten laktik asit bakterilerinin biyokatalitik viskozite artırıcı olduğunu bildiğimizden dolayı eps üreten laktik asit bakterilerinin dondurmada oluşma ihtimali olan yağ agregasyonunu azalttığı söylenebilir zorlaşmaktadır. Dondurma örneklerine ait yüzde protein değerleri de aynı örneklerin suşları arasında ve aynı suşların örnekleri arasında önemli bir farklılık göstermemiştir. Fakat sütte bulunan proteinlerden dolayı eps ve protein arasındaki interaksiyonlar ürünün ne gibi yapısal özelliklerine etki ettiği bilinemez. (Thakur vd., 2006). Çünkü eps doğal bir polimerdir ve protein ile interaksiyona girmesi olağan dışı bir durumdur (Goh vd., 2008). Dondurma örneklerinde bakılan yüzde hacim artışı analiz sonuçlarına göre aynı suşa ait örnekler arasında aynı sıcaklık değerlerine bakıldığında, inkübasyon süresi arttıkça rakamsal olarak değerlerde bir artış gözlemlenmektedir. Bu daha uzun inkübasyon süresinin hava kabarcığını tutma süresinin de daha uzun olacağı ile ilişkilendirilebilir. Literatürde eps ile yüzde hacim artışı arasında tam olarak bir ilişki olduğu bulunmamışsa da hacim artışının inkübasyon koşullarıyla ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Inkübasyon süresinin ve sıcaklığının da eps miktarıyla ilişkili olduğunu bildiğimiz için hacim artışı ürünlerdeki laktik asit bakterilerinin varlığı ve bunların ph ile olan ilişkisinden kaynaklı olarak artmış olabilir. Goh ve arkadaşları 2008 yılında yaptıkları bir çalışmada stabilizatör kullanmadan laktik asit bakterileri kullanarak ürettikleri dondurmanın yüzde hacim artışının, laktik asit bakterisiz fakat stabilizatörlü ürettikleri dondurmanın yüzde hacim artışından daha yüksek olduğunu bulmuşlardır ve laktik asit bakterilerinin yüzde hacim artışında etkili olduğunu vurgulamışlardır. Bunu yanında laktik asit bakterileriyle üretilen dondurmada erimeye dayanıklılığın daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir (Goh vd., 2008). Allen ve arkadaşlarının 2006 yılında yaptığı bir çalışmaya göre sütte bulunan sodyum kazeinlerinin pH'ın düşmesiyle birlikte izoelektrik noktaya (pH 5.1) ulaşmasının protein agregasyonunu artmasının yüzde kurumadde değerini azalttığı belirtilmiştir (Allen vd., 2006) Mikrobiyolojik



analiz sonuçlarına göre suşların örnekleri arasında kontrol suşunun örnekleri hariç en fazla *Streptococcus thermophilus* gelişimi 37°C'deki 3 saat inkübasyon süresine ait olan örneklerde gözlemlenmiştir. Mikrobiyolojik sonuçların değerlerinden de görüldüğü üzere aynı suşun aynı sıcaklığına ait örnekleri arasında istatistiki açıdan bir fark gözlemlenmezken aynı koşullara sahip örneklerde kullanılan farklı suşlar bakteri gelişim değerlerinde farklılığa sebep olmuştur. Laktik asit bakterilerinin dondurmanın fizikokimyasal yapısal özelliklerinde etkili olduğuna dair bu çalışmaya paralel sonuçlar içeren çalışmalar mevcuttur (Christiansen vd., 1999, Goh vd., 2008). Özellikle eps üreten *Streptococcus thermophilus* bakterisinin fermente süt ürünlerindeki olumlu etkileri Broadbent ve arkadaşlarının 2002 yılında yaptıkları bir çalışmada pek çok örneği ile sunulmuştur.

Depolama süresinin laktik asit bakterisi kullanarak üretilen dondurma örneklerinin üzerinde oluşturacağı fizikokimyasal ve mikrobiyolojik etkilerin araştırıldığı bir çalışmada dondurmaların ilk üretim günü değerleri esas alınırca değerler şu şu şekildedir: 6.18 pH 35.27-35.79 yüzde kurumadde, 6.05-6.10 yağ. Bu değerler 60 gün depolama sonucunda da çok değişmemiştir. Laktik asit bakterisi sayısı ise ilk gün 7.63log/ml iken 60 günü sonunda 7.57'ye düşmüştür. Ayrıca bu çalışmada yapılan 2 aylık depolamanın laktik asit bakterileri canlılığı üzerinde herhangi bir değişime sebep olmadığı söylenmiştir (Başyigit vd 2005). 2008 yılında yapılan bir başka çalışmada dondurmada yağ içeriği azaltılmış dondurma örneklerinde probiyotik bakteriler kullanılmış ve bakterilerin fizikokimyasal özelliklerine bakılmıştır ve bu bakterilerin pH la ilişkisi ve dondurmanın son kabulünde önemli bir etkiye sahip olduğu söylenmiştir (Akalın ve Erişir 2008). 2007 yılında yapılan başka bir çalışmada dondurma örneklerinde bulunan probiyotik bakterilerin dondurmanın fiziksel ve duyusal özelliklerini belirlemede önemli bir etkiye sahip olduğu rapor edilmiştir (Akın vd., 2007) Yine başka çalışmalara göre laktik asit bakterileri tarafından üretilen eps 'nin fermente süt ürünlerinde önemli etkilere sahip olduğu rapor edilmiştir (Hassan vd., 1996, Laws ve Marshall, 2001). Yine başka bir çalışma da eps üreten laktik asit bakterilerinin bir β -galaktosidaz kaynağı olan dondurulmuş sütlü tatlılarda kullanıldığında bakterilerin donma ölüm oranını azalttığı belirtilmiştir (Hong ve Marshall, 2001). Laktik asit bakterileri tarafından üretilen epslerin, fermente süt ürünlerindeki ürünün kalitesine ve ürünün kabul edilmesindeki fizikokimyasal etkilerine ek olarak bu ürünlerle insan sağlığına olan faydaları ayrı bir avantajdır. Daha önceki çalışmalarda çokça yoğurt, mozerella peyniri, kefir gibi süt ürünlerinde çokça kullanılmasına rağmen dondurma da kullanımı sınırlı sayıdadır. Bu nedenle dondurmanın böyle fonksiyonel bir hale gelmesiyle sadece insan sağlığına faydaları ayrı bir avantaj olacaktır. Daha önceki yapılan araştırmalara göre laktik asit bakterileri tarafından üretilen eps'nin kolestrol düşürme yeteneği (Piegon vd., 2002), immünolojik sistemi düzenleyici antitümör aktiviteleri (Kitazawa vd., 1998, Chabot vd., 2001) ve prebiotik etkileri (Dal Belo vd.,

2001, Koraklı vd., 2002) ürünün kalite iyileştirilmesinin yanısıra dondurma tüketimiyle sağlığa katacağı faydalar arasındadır.

Dondurma örneklerinin fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerine ilave olarak duyuşal özellikleri de araştırılmıştır. Duyusal parametreler belirlenirken dondurmada aranan önemli kriterler değerlendirmeye alınmıştır. Dondurma örneğine ait duyuşal analiz formu bu kriterler baz alınarak hazırlanmıştır ve sonuçları Tablo 8'de görölmektedir.

Tablo 8. Dondurma örneğine ait duyuşal analiz değerleri

Örnekle	Control	1.strain	2.strain	Mixture	Control	1.strain	2.strain	Mixture
	<i>Renk</i>				<i>Pürüzlü-kaba yapı</i>			
R1	8Bb	8Bb	8Bb	9Aa	5Ce	6Bc	5Cb	7Ac
R2	9Aa	8Bb	8Bb	9Aa	4Df	6Bc	5Cb	8Ab
R3	8Bb	8Bb	8Bb	9Aa	5Ce	6Bc	5Cb	7Ac
R4	9Aa	9Aa	9Aa	9Aa	6Bd	6Bc	5Cb	7Ac
R5	8Bb	9Aa	9Aa	9Aa	7Ac	6Bc	5Cb	7Ac
R6	9Aa	9Aa	8Bb	9Aa	7Ac	7Ab	5Bb	7Ac
R7	7Cc	9Aa	8Bb	9Aa	8Ab	8Aa	5Cb	7Bc
R8	8Ab	8Ab	8Ab	8Ab	8Ab	7Bb	7Ba	8Ab
R9	9Aa	9Aa	8Bb	9Aa	9Aa	7Cb	7Ca	8Bb
R10	9Aa	9Aa	8Bb	9Aa	9Aa	8Ba	7Ca	9Aa
	<i>Buzlu Yapı</i>				<i>Ağızda Erime</i>			
R1	4Ce	7Ab	5Bb	5Bd	5Bd	6Aa	5Bd	6Bd
R2	5Cd	8Aa	5Cb	7Ba	7Bb	6Ca	6Cc	8Ab
R3	6Bc	8Aa	5Cb	6Bc	7Bb	6Ca	7Bb	8Ab
R4	6Ac	6Ac	5Bb	6Ac	6Ac	6Aa	6Ac	6Ad
R5	6Bc	7Ab	5Cb	7Ab	6Ac	6Aa	6Ac	6Ad
R6	7Ab	7Ab	5Bb	7Ab	7Bb	6Ca	6Cc	8Ab
R7	7Ab	7Ab	6Ba	7Ab	7Ab	6Ba	6Bc	7Ac
R8	6Bc	7Ab	6Ba	7Ab	7Ab	6Ba	7Ab	7Ac
R9	8Aa	8Aa	6Ba	8Aa	8Aa	6Ca	7Bb	8Ab
R10	8Aa	8Aa	6Ba	8Aa	8Ba	6Ca	8Ba	9Aa
	<i>Ekşilik Düzeyi</i>				<i>Krema Tadı</i>			
R1	5Cd	7Aa	7Aa	6Bc	6Cc	8Aa	7Bb	7Bb
R2	7Ab	7Aa	7Aa	7Ab	6Cc	8Aa	7Bb	7Bb
R3	6Bc	7Aa	7Aa	6Bc	7Bb	8Aa	8Aa	7Bb
R4	7Bb	7Ba	7Ba	8Aa	6Cc	8Aa	7Bb	6Cc
R5	7Ab	7Aa	7Aa	7Ab	7Bb	8Aa	7Bb	7Bb
R6	8Aa	7Ba	7Ba	8Aa	8Aa	8Aa	8Aa	8Aa
R7	7Ab	7Aa	7Aa	7Ab	8Aa	8Aa	8Aa	8Aa
R8	8Aa	7Ba	7Ba	8Aa	7Bb	8Aa	7Bb	7Bb
R9	8Aa	7Ba	7Ba	6Cc	7Bb	8Aa	7Bb	8Aa
R10	8Aa	7Ba	7Ba	8Aa	8Aa	8Aa	8Aa	8Aa
	<i>Pişmiş Tad</i>				<i>Süttozu Tadı</i>			
R1	6Cd	8Aa	7Bb	7Bc	6Bc	7Ab	6Bd	7Ab
R2	8Ab	8Aa	7Bb	8Ab	7Bb	8Aa	6Cd	7Bb
R3	8Ab	8Aa	7Bb	8Ab	7Bb	7Bb	6Cd	8Aa
R4	7Bc	8Aa	8Aa	7Bc	7Bb	8Aa	7Bc	7Bb

R5	8Bb	8Ba	8Ba	9Aa	7Bb	8Aa	7Bc	8Aa
R6	9Aa	8Ba	8Ba	9Aa	8Aa	8Aa	8Ab	8Aa
R7	8Ab	8Aa	7Bb	8Ab	7Cb	8Ba	9Aa	8Ba
R8	8Ab	8Aa	8Aa	8Ab	7Bb	8Aa	7Bc	7Bb
R9	8Bb	8Ba	8Ba	9Aa	8Aa	8Aa	8Ab	8Aa
R10	8Ab	8Aa	8Aa	8Ab	8Aa	8Aa	8Ab	8Aa

A-D Aynı örnekler arasındaki suşların farklılık düzeyini gösterir ($P < 0.05$).

a-l Aynı suşlar arasındaki örneklerin farklılık düzeyini gösterir ($P < 0.05$).

Tablo 8'in devamı. Dondurma örneklerine ait duyusal analiz değerleri

Runs	Control	1.strain	2.strain	Mixture	Control	1.strain	2.strain	Mixture
	Sakımsız Yapı				Erimeye Dayanıklılık			
R1	6Bc	7Ab	7Aa	7Ab	7Ab	6Bc	5Cd	7Ab
R2	7Bb	8Aa	6Cb	7Bb	5Cd	6Bc	6Bc	7Ab
R3	6Bc	7Ab	7Aa	7Ab	8Aa	7Bb	7Bb	8Aa
R4	5Dd	8Aa	6Cb	7Bb	7Ab	6Bc	5Cd	7Ab
R5	7Ab	7Ab	7Aa	7Ab	7Ab	6Bc	6Bc	6Bc
R6	6Bc	7Ab	6Bb	7Ab	7Ab	6Bc	6Bc	7Ab
R7	8Aa	8Aa	7Ba	8Aa	5Cd	7Ab	7Ab	6Bc
R8	6Bc	8Aa	6Bb	6Bc	6Bc	7Ab	5Cd	5Cd
R9	8Aa	8Aa	7Ba	7Bb	8Aa	7Bb	7Bb	7Bb
R10	8Aa	8Aa	7Ba	8Aa	8Aa	8Aa	8Aa	7Bb
Tatlılık Düzeyi				Ağızda Kalan His				
R1	8Ab	8Aa	8Aa	8Ab	6Bc	7Aa	6Bc	7Ac
R2	8Ab	8Aa	8Aa	8Ab	6Bc	7Aa	6Bc	6Bd
R3	7Bc	8Aa	8Aa	8Ab	6Bc	7Aa	6Bc	7Ac
R4	7Bc	8Aa	8Aa	8Ab	6Bc	7Aa	7Ab	6Bd
R5	8Bb	8Ba	8Ba	9Aa	6Cc	7Ba	7Bb	9Aa
R6	8Bb	8Ba	8Ba	9Aa	6Cc	7Ba	8Aa	8Ab
R7	8Bb	8Ba	8Ba	9Aa	7Ab	7Aa	7Ab	7Ac
R8	7Bc	8Aa	8Aa	7Bc	7Bb	7Ba	7Bb	8Ab
R9	9Aa	8Ba	8Ba	9Aa	7Bb	7Ba	7Bb	9Aa
R10	9Aa	8Ba	8Ba	9Aa	8Aa	7Ba	7Bb	8Ab
Yabancı Tad				Yoğurt Tadı				
R1	5Cd	7Bb	7Ba	8Aa	6Cd	6Cb	8Aa	7Bc
R2	6Bc	8Aa	6Bb	8Aa	6Cd	8Aa	7Bb	7Bc
R3	7Bb	8Aa	5Cc	7Bb	8Ab	8Aa	8Aa	8Ab
R4	8Aa	6Bc	6Bb	8Aa	7Ac	8Aa	7Bb	7Bc
R5	8Aa	7Bb	7Ba	8Aa	7Bc	8Aa	8Aa	8Ab
R6	8Aa	7Bb	5Cc	8Aa	7Bc	8Aa	8Aa	8Ab
R7	7Bb	8Aa	7Ba	8Aa	9Aa	8Ba	8Ba	9Aa
R8	7Ab	7Ab	7Aa	7Ab	7Bc	8Aa	8Aa	7Bc
R9	8Aa	7Bb	7Ba	7Bb	8Bb	8Ba	8Ba	9Aa
R10	8Aa	7Bb	7Ba	8Aa	9Aa	8Ba	8Ba	9Aa
Genel Beğeni								
R1	6Bd	7Ab	6Ba	7Ac				
R2	6Bd	7Ab	6Ba	7Ac				



R3	7Bc	7Bb	7Bb	8Ab
R4	7Bc	7Bb	7Bb	8Ab
R5	9Aa	7Cb	8Ba	9Aa
R6	7Cc	7Cb	8Ba	9Aa
R7	7Cc	7Cb	8Ba	9Aa
R8	9Aa	8Ba	8Ba	8Bb
R9	8Bb	7Cb	7Cb	9Aa
R10	9Aa	7Bb	7Bb	9Aa

^{A-D} Aynı örnekler arasındaki suşların farklılık düzeyini gösterir ($P < 0.05$).

^{a-1} Aynı suşlar arasındaki örneklerin farklılık düzeyini gösterir ($P < 0.05$).

Bir dondurmanın kabulündeki en önemli testlerden biride duyusal analiz testidir. Tablo 8'den de görüldüğü üzere renk testinde suşlar arası istatistiki açıdan pek bir fark yoktur. Fakat 2.suşta değer olarak diğerlerine göre örneklere bakıldığında daha az puan verildiği gözlemlenmektedir. Pürüzlü-kaba yapıda R10 örneklerine bakıldığında suşlar arasında istatistiki açıdan önemli farklılık olduğu gözlemlenmektedir. Buzlu yapıdaki skorlara bakıldığında 2. Suşun örneklerinin diğerlerine göre daha az değere sahip olduğu ve istatistiki açıdan önemli bir farkı olduğu görülmektedir. Ağızda erime skoruna bakıldığında karışım suşunun R10 örneğinin en yüksek değere sahip olduğu ve suşlar arasında önemli farkın olduğu gözlemlenmektedir. Ekşilik düzeyinin ölçümü sonucuna göre 1. Ve 2. Suşların örnekleri arasında bir stabilite söz konusu iken kontrol ve karışım suşlarının örneklerinin skorları değkenlik göstermektedir. Krema tadı ise 1. Suşun bütün örneklerinde yüksek skora sahiptir. Pişmiş tad ise en çok karışım suşunun örnek tekerrürü olan R5 ve R6 örneklerinde ve R9 örneğinde yüksek skora sahip olmuştur. Sakızımsı yapı, erimeye dayanıklılık ve yabancı tad için eps üreten bakteri suşları ve kontrol suşları için pek çok varyasyon söz konusudur. Örneklerin çeşitliliği ve suşların inkübasyon koşullarının farklılığı dondurmadaki bu testi satabil olmaktan çıkarmış olabilir. Tatlılık düzeyine bakıldığında ise kontrol suşunun ve karışım suşunun genel olarak daha fazla beğenildiği görülmektedir. Bunun sebebi diğer suşlardaki farklı tadların baskın gelmesi olabilir. Ağızda kalan his için 1. suş ve 2. suşun kontrol suşuna göre istatistiki açıdan daha farklı olduğu görülmektedir. Tablo 8'e göre eps üreten suşların duyusal özellikler üzerine net olarak tek bir sonuç çıkarmamasına rağmen, genel beğeniye baktığımızda ise suşlar arasında karışım suşunun örneklerinin daha fazla beğenildiğini görmekteyiz. R5, R6, R7, R9 ve R10 örnekleri özellikle daha çok beğenilmiş ve istatistiki açıdan diğer eps üreten suşlardan farklı bulunmuştur. Probiyotik bakterilerin dondurmada kullanıldığı ve bu kullanımın duyusal özellikleri etkileyip etkilemediğine bakılan bir çalışmada probiyotik bakterilerin net bir etkisinin olmadığı rapor edilmiştir (Akın vd., 2007). Buna ek olarak yine başka çalışmalarda probiyotik bakterilerin kullanıldığı dondurmalarda ürünün duyusal özelliklerine az yoğunlukta etki ettikleri vurgulanmıştır (Hekmat ve McMahon 1992, Aryana ve Summers 2006, Favaro-Trindade vd., 2006). Bu çalışmaların aksine ise probiyotik bakterilerin dondurmada kullanılmasıyla duyusal



özelliklerinde etkili bir iyileşme görüldüğü bazı çalışmalarla rapor edilmiştir (Christiansen vd., 1996, Vardar ve Öksüz, 2007)

4.1.3 Dondurma Örneklerinde Bulunan EPS Miktarı

Dondurma mikserindeki EPS miktarları mg/L biriminde verilmiştir. Beklenildiği gibi kontrol suşu kullanılan örneklerde EPS tespit edilememiştir. Fakat 1., 2. ve 3. (karışım) suşlar kullanılarak üretilen dondurma örneklerinde farklı miktarlarda EPS tespit edilmiştir. Bu değerler Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9. Dondurma mikserinin EPS miktarları (mg/L)

Örnekler	<i>Kontrol suşu</i>	<i>1.suş</i>	<i>2.suş</i>	<i>Karışım</i>
R1	Nd	3.64 ^{Ag}	3.19 ^{B1}	1.75 ^{Cj}
R2	Nd	6.54 ^{Bfg}	7.52 ^{Ae}	4.61 ^{C1}
R3	Nd	8.11 ^{Bf}	7.24 ^{Cf}	13.19 ^{Ac}
R4	Nd	9.45 ^{Aef}	0.86 ^{Cj}	6.06 ^{Bh}
R5	Nd	16.45 ^{Abc}	5.33 ^{Cg}	9.75 ^{Be}
R6	Nd	17.24 ^{Ab}	4.44 ^{Ch}	11.49 ^{Bd}
R7	Nd	23.53 ^{Aa}	11.43 ^{Bc}	7.01 ^{Cg}
R8	Nd	9.13 ^{Cf}	9.92 ^{Ad}	9.42 ^{Bf}
R9	Nd	13.12 ^{Bcd}	11.77 ^{Cb}	14.06 ^{Ab}
R10	Nd	16.53 ^{Bde}	14.57 ^{Ca}	17.93 ^{Aa}

^{A-C} Aynı örneklerdeki farklı suşların anlamlılık düzeyi

^{a-j} aynı suşlardaki farklı örneklerin anlamlılık düzeyi

Nd: Tespit edilme limitinin aşağısında bulunmuştur.

Değer olarak en fazla eps üretimi 23.53 mg/L olarak 1. suşun R7 nolu örneğine aittir. Aynı örneklerin farklı suşlarına bakıldığında aynı sıcaklık ve inkübasyon süresi olsa da suşların farklılığının EPS üretim miktarı üzerinde anlamlı bir farklılık oluşturduğunu görüyoruz. 2. suşun ve karışım suşunun değer olarak en fazla eps üreten örneği R10 örneğidir sırasıyla değerleri 14.53 ve 17.93'tür. Tablodan da görüldüğü üzere bütün suşlarda aynı sıcaklık aralıklarındaki farklı inkübasyon süreleriyle eps miktarı arasında bir ilişki vardır. Aynı sıcaklıktaki bu örneklerin inkübasyon süreleri arttıkça eps miktarlarını da artırmıştır denilebilir. Metod kısmında verilen şekil 2 'deki kalibrasyon grafiği ile hesaplanan bu EPS miktarları yanıt yüzey metodu ile modellenerek bu parametrelerin inkübasyon sıcaklığına ve süresine bağlı olarak değişimi belirlenmeye çalışılmıştır. *Suş 1, suş 2 ve karışım suşu* değerleri için oluşturulan model parametrelerinin F değerleri Tablo 10'da gösterilmiştir.

Tablo 10. Dondurma mikserinin EPS miktarları için oluşturulan modellerin F değerleri

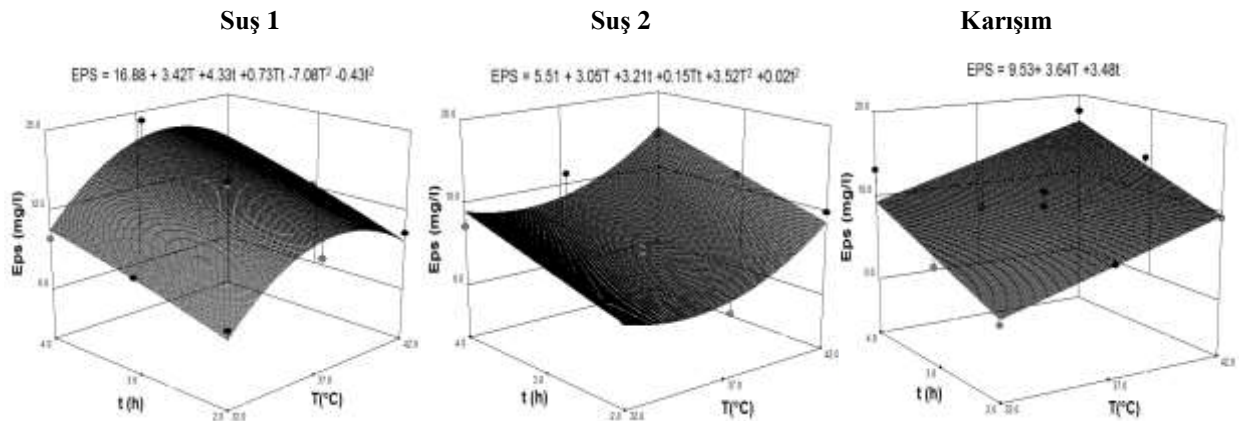
Faktörler	1.suş	2.suş	Karışım
Modeller	Quadratic	Quadratic	Quadratic
x_1 (sıcaklık)	12.47 ^b	12.02 ^b	9.44 ^b
x_2 (süre)	20.02 ^b	13.30 ^b	8.63 ^b
x_1x_2	0.38 ^b	0.019	-
x_1x_1	20.87	6.19 ^c	-
x_2x_2	0.075 ^b	0.0001	-
$x_1^2x_2$	-	-	-
$x_1x_2^2$	-	-	-
lack of fit	16.10	9.13	6.37
R^2	0.9243	0.8875	0.7208
adj- R^2	0.8864	0.8312	0.6410
pred- R^2	0.7483	0.6519	0.3931
adeq pre	14.8886	11.637	8.960

^a $p \leq 0.01$

^b $p \leq 0.05$

^c $p \leq 0.1$

Tablo 10'dan görüldüğü gibi Suş 1 için oluşturulan modelin R^2 değeri 0.9243 olarak bulunmuştur. Bu değer oluşturulan modelin yeterli olduğunu göstermektedir. Suş 2 ve karışım suşu için oluşturulan modellerin R^2 değerleri ise sırasıyla 0.8875 ve 0.7208 olarak bulunmuştur. 3 suşun ait değerlerin lineer parametreleri (x_1 : sıcaklık x_2 : süre) önemli iken su 1 ait $x_1 * x_2$ faktörü de ilave olarak önemli bulunmuştur. Bu suşların elde edilen parametrelerinin sıcaklık ve süreye bağlı değişimi Şekil 6'da gösterilmektedir.





Şekil 6. Dondurma suşlarının eps değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi

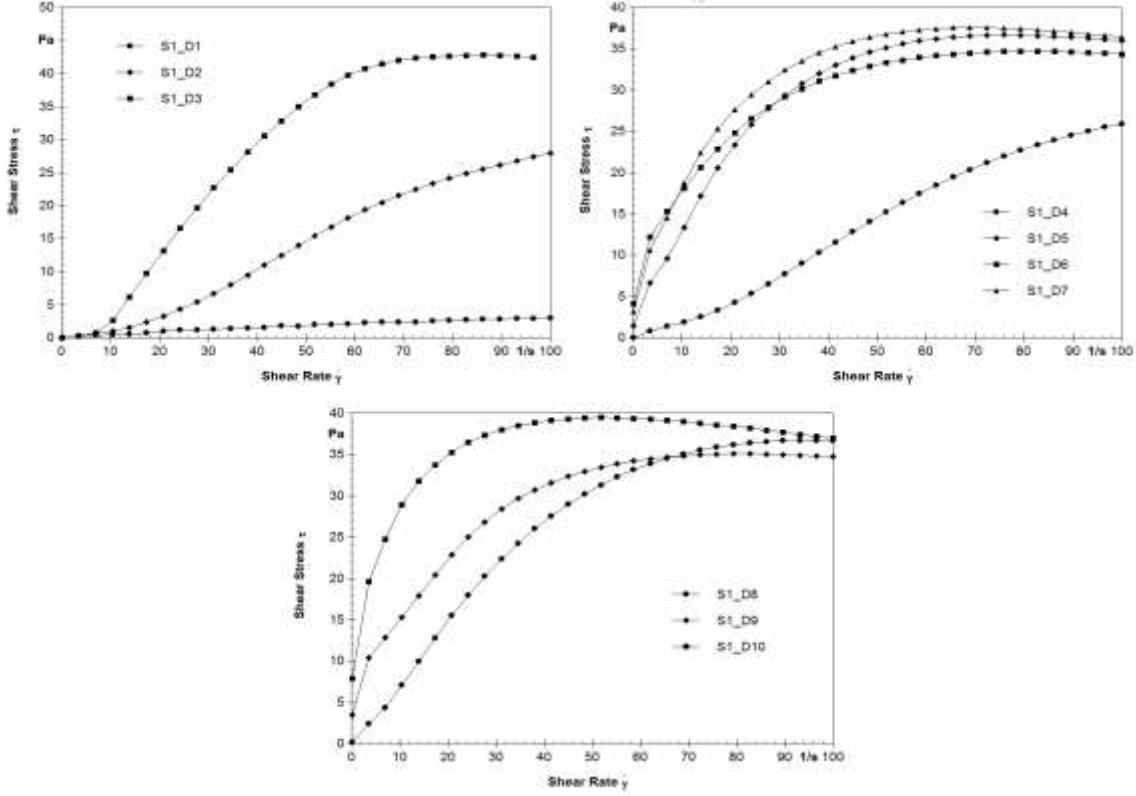
Şekilden anlaşılacağı üzere sıcaklık ve süre eps miktarlarının üzerinde etkilidir. Bütün suşlarda inübasyon süresi ve sıcaklığı arttıkça eps miktarının da arttığı görülmektedir. Laktik asit bakterilerinin ürettiği eps nin miktarında inkübasyon koşullarının etkili olduğu açık bir şekilde görülmektedir. Şekil 8'den de görüldüğü üzere sıcaklık arttıkça ve inkübasyon süresi arttıkça EPS miktarında genel olarak bir artış gözlemlenmektedir. En yüksek eps miktarı suş 1'e ait olan inkübasyon koşullarının 37°C ve 3 saat olan R7 örneğinde gözlemlenmiştir. Eps'nin en yüksek olduğu değer bu değerdir. Fakat bu inkübasyon şartları her suş için geçerli değildir. Çünkü daha öncede bahsedildiği üzere suşların kimyasal kompozisyonları, molekül ağırlıkları, polimer uzunlukları... gibi bir çok sebep eps miktarına etki eder. Eps üretim miktarının belirlendiği bazı çalışmalarda düşük sıcaklığın eps üretimde daha etkili olduğu vurgulanırken, bazı araştırmalar ise EPS miktarının optimum olacağı değerler yüksek sıcaklıkta olur kanısına varılmıştır (Zisu ve Shah 2003). De Vuyst ve arkadaşları da *Streptococcus thermophilus*'tan üretilen epsnin optimum sıcaklığının 42°C olduğu belirtilmiştir (De vuyst vd., 1998). Farklı pH'ların *Streptococcus thermophilus*'un ürettiği EPS üzerinde etkisine bakılan bir çalışmada ise pH 5.5'te (Zisu ve Shah 2003). Maksimum EPS miktarı bulunurken başka bir çalışmada EPS üretiminin maksimum olduğu pH değeri 6.5 olarak bulunmuştur(De vuyst vd., 1998). 2003 yılında yapılan bir başka çalışma ise EPS üretimi için yüksek sıcaklık ortamı sağlanmalı diye rapor edilmiştir (Duenias vd., 2003)

4.1.4 Dondurma Mikslerinin Reolojik Özellikleri

Tablo 1'deki belirtilen inkübasyon süre ve sıcaklığı dikkate alınarak üretilen dondurma mikslerinin yatışkan, dinamik ve sürünme toparlanma reolojik özellikleri belirlenmiştir.

4.1.4.1 Dondurma Mikslerinin Yatışkan Fazdaki Reolojik Özellikleri

Suş 1 bakterisi (EPS üreten *S.thermophilus*) kullanılarak farklı inkübasyon süre ve sıcaklıklarında üretilen dondurma mikslerine ait 5 °C'deki kesme hızına karşılık kayma basıncı grafiği Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 7. *S.thermophilus* 1 (suş 1) kullanılarak üretilen dondurma mikslarına ait kesme hızına karşılık kayma basıncı grafiği

Şekil 7'den gözlemlendiği gibi farklı inkübasyon şartlarında (sıcaklık ve süre) hazırlanmış dondurma mikslarının görünür viskozite değeri, kesme hızına bağlı olarak azalmaktadır. Bu durum dondurma mikslarının shear thinning davranışa sahip olduğunu göstermektedir. Şekildende görüldüğü gibi inkübasyon süresi ve sıcaklığı dondurma örneklerinin yatışkan fazdaki reolojik özelliklerini önemli derecede etkilemektedir. Elde edilen kesme hızına karşılık kayma basıncı değerleri Ostwald de Waele modeline fit edilerek model katsayıları hesaplanmıştır. Örneklere ait model katsayıları ve 50 s^{-1} kesme hızındaki görünür viskozite değerleri (η_{50}) Tablo 11'de gösterilmiştir.

Tablo 11. Suş 1 kullanılarak üretilen dondurma mikslarına ait model parametreleri ve η_{50} değerleri

Örnekler	Ostwald de Waele Parametreleri			η_{50} (Pa.s)
	K (Pa.s ⁿ)	n	R^2	
R1	0.1088	0.7267	0.9963	0.0394
R2	0.2041	1.1821	0.9875	0.3083
R3	2.2243	0.6764	0.9511	0.7050
R4	0.3632	0.9552	0.9906	0.3077
R5	7.1962	0.3648	0.9430	0.6263
R6	7.8219	0.3553	0.9223	0.6280
R7	11.9200	0.2635	0.9673	0.6613

R8	3.5660	0.5282	0.9639	0.5777
R9	8.6588	0.3530	0.9566	0.6117
R10	15.8720	0.2170	0.8510	0.7040

Tablo 11'den de görüldüğü gibi farklı inkübasyon sıcaklık ve sürelerinde üretilen dondurma mikslerinin Ostwald de Waele modeline ait determinasyon katsayısı (R^2) değerleri 0.8510 ile 0.9963 arasında değişmektedir. Bu değerlerden Ostwald de Waele modelinin, dondurma mikslerinin akış davranışını başarılı bir şekilde tanımladığı anlaşılmaktadır. Suş 1 kullanılarak üretilen dondurmaların kıvam katsayısı (K) ve akış davranış indeks değerleri (n) sırasıyla 0.1088 - 15.8720 Pa.sⁿ ve 0.2635 - 1.1821 arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Ağızdaki kesme hızı olarak kabul edilen 55 s⁻¹ deki viskozite değeri (η_{50}) ise 0.0394 ile 0.7050 Pa.sⁿ arasında bulunmuştur.

Yatışkan fazda elde edilen parametreler, yanıt yüzey metodu ile modellenerek bu parametrelerin inkübasyon sıcaklığına ve süresine bağlı olarak değişimi belirlenmeye çalışılmıştır. K , n ve η_{50} değerleri için oluşturulan model parametrelerinin F değerleri Tablo 12'de gösterilmiştir.

Tablo 12. Suş 1 kullanılarak üretilen dondurmalar için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri

Faktörler	K	n	η_{50}
Model	Quadratic	Quadratic	2FI
x_1 (sıcaklık)	24.26 ^a	8.71 ^a	20.79 ^a
x_2 (süre)	21.14 ^a	5.22 ^b	32.08 ^a
$x_1 * x_2$	-	-	15.88 ^a
$x_1^2 * x_1$	-	-	-
$x_2^2 * x_2$	-	-	-
$x_1^2 * x_2$	-	-	-
$x_1 * x_2^2$	-	-	-
lack of fit	52.44	687	10783
R^2	0.8664	0.6655	0.9197
adj- R^2	0.8283	0.5700	0.8796
pred- R^2	0.7496	0.3236	0.7551
adeq pre	14.20	7.81	13.61

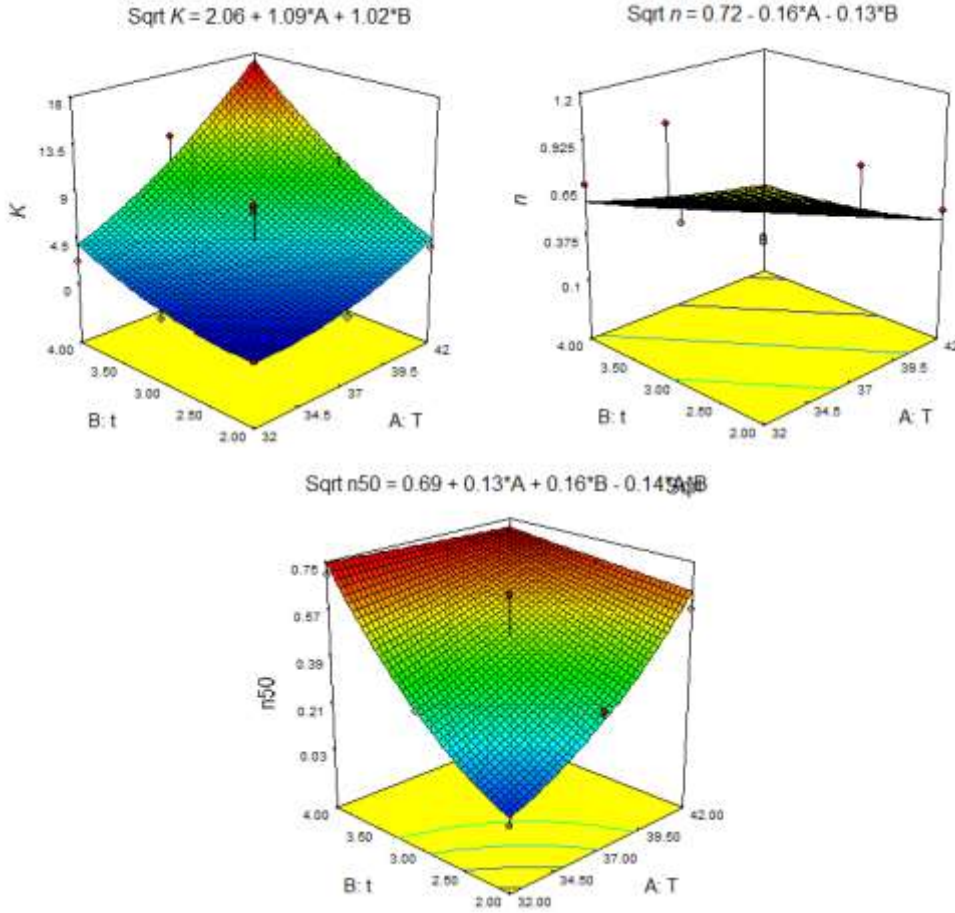
a $p \leq 0.01$

b $p \leq 0.05$

c $p \leq 0.1$

Tablo 12'den görüldüğü gibi K değeri için oluşturulan modelin R^2 değeri 0.8664 olarak bulunmuştur. Bu değer oluşturulan modelin yeterli olduğunu göstermektedir. n ve η_{50} değerleri için oluşturulan modellerin R^2 değerleri ise sırasıyla 0.6655 ve 0.9197 olarak bulunmuştur. K ve n değerleri lineer parametreler (A: sıcaklık B: süre) önemli iken η_{50} parametresi için bu parametrelere ilave olarak A*B

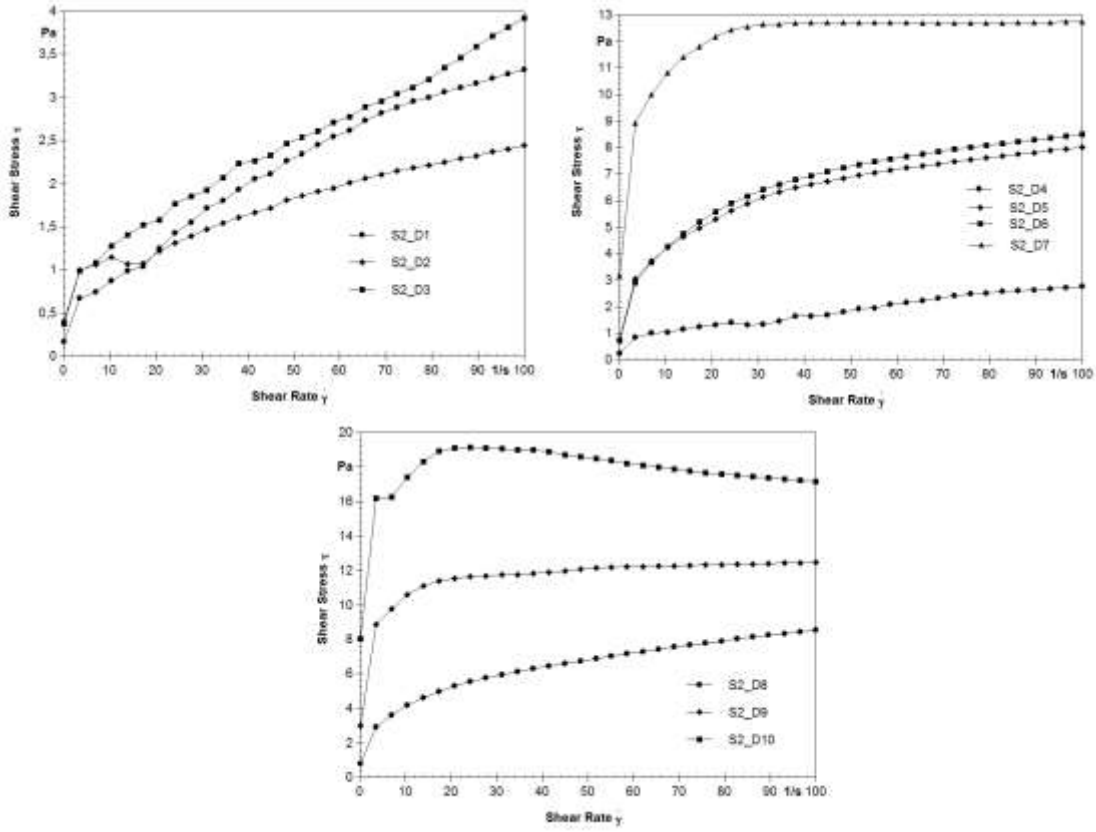
parametresi önemli bulunmuştur. Yatışkan fazda elde edilen parametrelerin sıcaklık ve süreye bağlı değişimi Şekil 8'de gösterilmektedir.



Şekil 8. Suş 1 ile üretilen K , n ve η_{50} değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi

Şekil 8'den de gözlemlendiği gibi K ve η_{50} değerleri inkübasyon sıcaklığı ve süresinin artmasıyla artış göstermektedir. K ve η_{50} değerini maksimum yapan inkübasyon şartları suş 1 için 41.73 °C ve 4 saat olarak belirlenmiştir. Oluşturulan model, bu şartlarda dondurma mikslerinin K ve η_{50} değerlerini sırasıyla 16.88 Pa.sⁿ ve 0.7173 olarak tahmin etmektedir.

EPS üreten 2. suş ile üretilen dondurma örneklerine ait akış davranış grafiği Şekil 9'da gösterilmektedir.



Şekil 9. *S.thermophilus* 2 (suş 2) kullanılarak üretilen dondurma mikslarına ait kesme hızına karşılık kayma basıncı grafiği

Suş 2 ile hazırlanan dondurma mikslarına ait kesme hızına karşılık gelen kayma basıncı grafiği Şekil 9'da gösterilmiştir. Bu suş ile hazırlanan mikslerde, suş 1 ile üretilen dondurma miksleri gibi shear thinning davranış göstermektedir. İnkübasyon süresi ve sıcaklığı, dondurma mikslarının reolojik özelliklerini önemli derecede etkilemektedir. Elde edilen kesme hızı kayma basıncı grafiği Ostwald de Waele modeline fit edildiğinde, elde edilen model parametreleri ve η_{50} değerleri, Tablo 13'de gösterilmektedir.

Tablo 13. Suş 2 kullanılarak üretilen dondurma mikslarına ait model parametreleri ve η_{50} değerleri

Örnekler	Ostwald de Waele Parametreleri			η_{50} (Pa.s)
	K (Pa.s ⁿ)	n	R^2	
R1	0.3874	0.4645	0.9456	0.0480
R2	0.5990	0.2701	0.9278	0.0331
R3	0.7763	0.2813	0.9042	0.0495
R4	0.4712	0.3787	0.9182	0.0398
R5	1.8792	0.3304	0.9775	0.1290
R6	1.8321	0.3452	0.9750	0.1337
R7	6.3597	0.1741	0.8546	0.2293



R8	1.7951	0.3475	0.9662	0.1283
R9	5.9923	0.1815	0.8840	0.2227
R10	12.7687	0.0894	0.7087	0.3317

Suş 2 ile farklı sıcaklık ve inkübasyon sürelerinde hazırlanan dondurma mikslarına ait R^2 değerleri 0.7087 ile 0.9775 arasında değişmektedir. Örneklerin K ve n değerleri, sırasıyla 0.3874 - 12.7687 ile 0.0894 - 0.4645 arasında değişiklik göstermektedir (Tablo 13). Bu suş kullanılarak hazırlanan dondurma mikslarının η_{50} değerleri, 0.0331 ile 0.3317 Pa.s arasında değişmektedir. Elde edilen parametreler yanıt yüzey metodu ile modellenerek bu parametrelerin sıcaklık ve süreye bağlı değişimi belirlenmiştir. Elde edilen model parametrelerinin F değerleri Tablo 14'de gösterilmiştir.

Tablo 14. Suş 2 kullanılarak üretilen dondurmalar için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri

Faktörler	K	n	η_{50}
Model	2FI	Quadratic	2FI
x_1 (sıcaklık)	122 ^a	10.95 ^a	53.42 ^a
x_2 (süre)	88.63 ^a	52.76 ^a	21.84 ^a
x_1*x_2	27.69 ^a	-	6.01 ^a
x_1*x_1	-	-	-
x_2*x_2	-	-	-
$x_1^2*x_2$	-	-	-
$x_1*x_2^2$	-	-	-
lack of fit	283	38.17	110
R^2	0.9755	0.8398	0.9312
adj- R^2	0.9632	0.7941	0.8969
pred- R^2	0.9151	0.6790	0.7104
adeq pre	26.43	12.50	15.47

^a $p \leq 0.01$

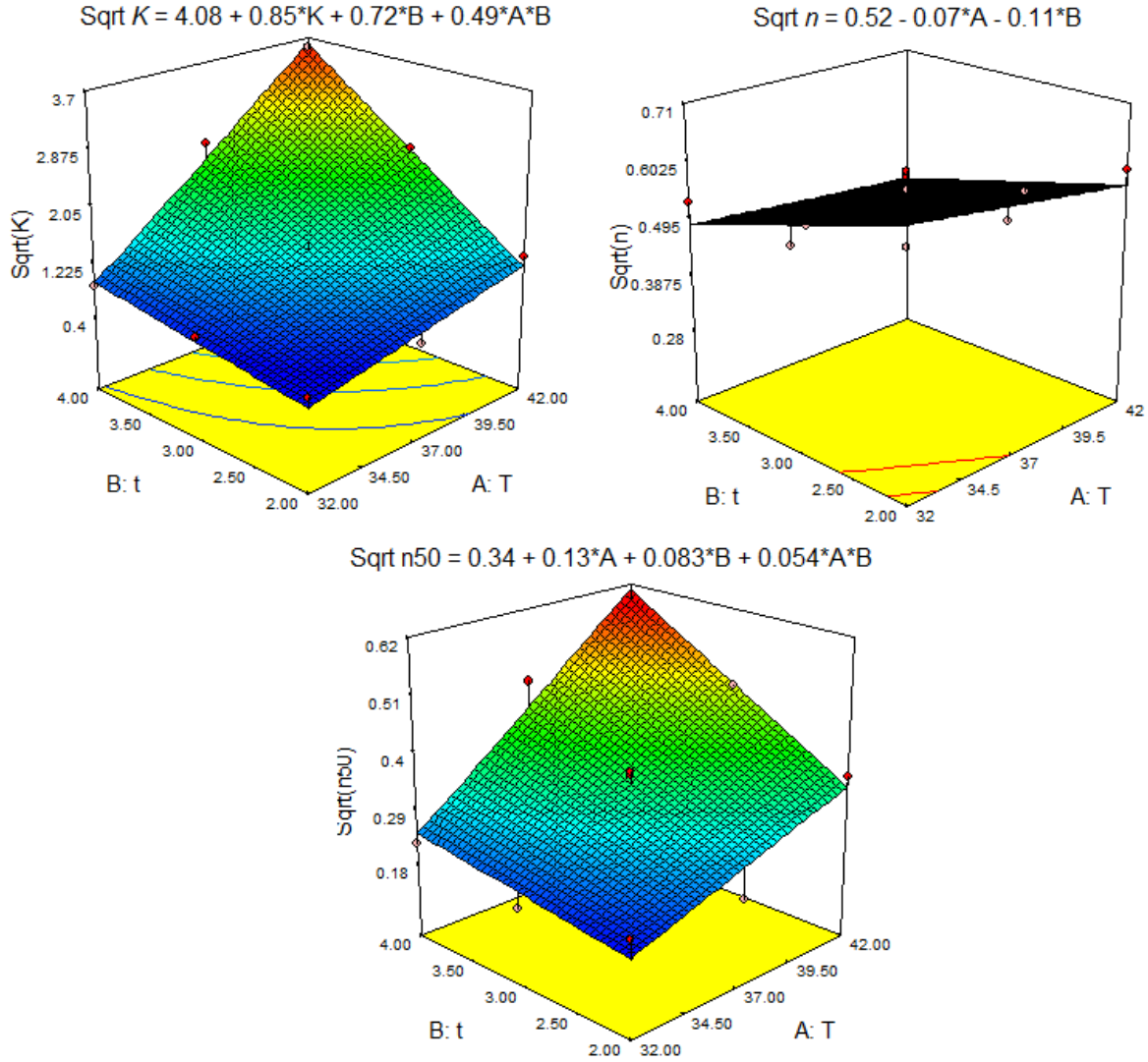
^b $p \leq 0.05$

^c $p \leq 0.1$

Tablo 14, elde edilen modellere ait R^2 değerlerini ve model parametrelerinin F değerlerini ve buna bağlı olarak modellerin önem derecelerini göstermektedir. Tablodan da görüldüğü gibi K , n ve η_{50} değerlerine ait R^2 değerleri sırasıyla 0.9755, 0.8398 ve 0.9312 olarak bulunmuştur. Bulunan bu değerler, oluşturulan modellerin ilgili parametreleri, yeterli derecede açıkladığını göstermektedir. K , n ve η_{50} değerleri için lineer parametrelerin ikisi de önemli iken K ve η_{50} değerleri için A*B (x_1*x_2) parametresi önemli bulunmuştur.

Yatışkan fazda elde edilen parametrelerin sıcaklık ve süreye bağlı değişimi Şekil 10'da görülmektedir. Görüldüğü gibi sıcaklık ve süre arttıkça K ve η_{50} değerleri de artış göstermektedir. Bu artış, protein denatürasyonu ile üretilen EPS miktarından kaynaklandığı düşünülmektedir. K ve η_{50} değerlerinin en yüksek olduğu noktalar, 41.91 °C ve 3.98 saattir.

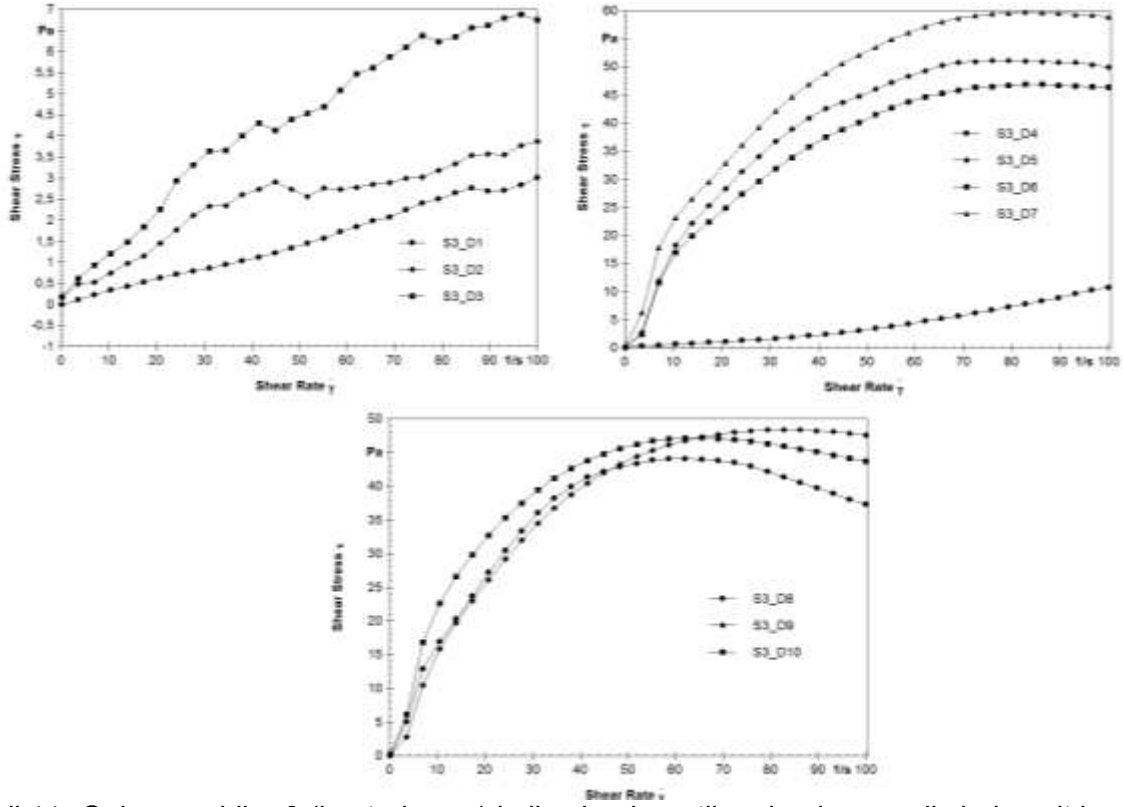
Bu noktalarda K ve η_{50} değerleri sırasıyla 12.79 Pa.sⁿ ve 0.366 Pa.s olarak tahmin edilmiştir. Suş 1 ile üretilen dondurma mikslarının K ve η_{50} değerlerinin suş 2 ile üretilen dondurma mikslarına göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 10. Suş 2 ile üretilen dondurma mikslarına ait K , n ve η_{50} değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi

EPS üretmeyen kontrol suşu (suş 3) kullanılarak inkübe edilen dondurma mikslarına ait kesme hızına bağlı kayma basıncı değişimi Şekil 11'de gösterilmektedir. Şekil 11'den de anlaşılacağı gibi üretilen dondurma mikslarının kesme hızı arttıkça görünür viskozite değeri azalmaktadır. Bu durum, diğer suşlardakine benzer olarak kontrol suşu ile hazırlanan dondurma mikslarının de shear thinning özellik göstermesinin kanıtıdır. Örneklerin aynı kesme hızındaki kayma basıncı değerleri karşılaştırıldığında, uygulanan inkübasyon süresinin

ve sıcaklığının dondurmanın reolojik özelliklerini önemli derecede etkilediği gözlemlenmektedir.



Şekil 11. *S.thermophilus* 3 (kontrol suşu) kullanılarak üretilen dondurma mikslarına ait kesme hızına karşılık kayma basıncı grafiği

Suş 3 kullanılarak hazırlanan dondurma mikslarına ait Ostwald de Waele model parametreleri ve η_{50} değerleri Tablo 15'de gösterilmiştir

Tablo 15. Suş 3 kullanılarak üretilen dondurma mikslarına ait model parametreleri ve η_{50} değerleri

Örnekler	Ostwald de Waele Parametreleri			η_{50} (Pa.s)
	K (Pa.s ⁿ)	n	R^2	
R1	0.0330	0.9054	0.9660	0.0280
R2	0.2430	0.5962	0.9645	0.0450
R3	0.4161	0.8449	0.9892	0.1320
R4	0.1424	0.8233	0.8441	0.0689
R5	1.0960	0.9493	0.9028	0.8717
R6	1.1064	0.9069	0.9296	0.7730
R7	2.9423	0.7272	0.8893	1.0080
R8	1.0158	0.9383	0.8607	0.8102
R9	1.5653	0.8241	0.8774	0.8253
R10	4.0136	0.6159	0.8906	0.8577

Kontrol suşu için Ostwald de Waele modelinin R^2 değerleri 0.8441 ile 0.9892 arasında bulunmuştur (Tablo 15). Bu değerler, dondurma mikslarının kayma basıncı ile kesme hızı arasındaki ilişkiyi Ostwald de Waele modelinin yeterli şekilde açıkladığının göstergesidir. Tablo 15'den de görüldüğü gibi suş 3 ile hazırlanan dondurma mikslarının K ve n değerleri sırasıyla 0.0330 - 4.0136 Pa.sⁿ ve 0.5962 - 0.9493 arasında değişmektedir. Dondurma mikslarının η_{50} değerinin ise 0.0280 Pa.s ile 0.8717 Pa.s arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 15). Tablo incelendiğinde, K ve η_{50} değerlerinin inkübasyon sıcaklığı ve süresinden önemli derecede etkilendiği görülmektedir. Kontrol örneği ile hazırlanan dondurma mikslarının K ve η_{50} değerleri, diğer iki suş ile hazırlanan dondurma mikslarına göre daha büyük olduğu görülmektedir. Bu durumun diğer iki suşun EPS üretebilme yeteneğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Elde edilen veriler, yanıt yüzey ile modellenerek bu parametreler, inkübasyon sıcaklığı ve süresinin bir fonksiyonu olarak ifade edilmeye çalışılmıştır. Tablo 16, oluşturulan model parametrelerinin F değerleri ile önemlilik derecelerini göstermektedir.

Tablo 16. Suş 3 kullanılarak üretilen dondurmalar için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri

Faktörler	K	n	η_{50}
Model	Linear	2FI	Linear
x_1 (sıcaklık)	35.03 ^a	0.012	15.08 ^a
x_2 (süre)	31.64 ^a	2.66	3.53
$x_1 * x_2$	-	1.19	-
$x_1^2 * x_1$	-	-	-
$x_2^2 * x_2$	-	-	-
$x_1^2 * x_2$	-	-	-
$x_1 * x_2^2$	-	-	-
lack of fit	19.13	7.22	41.6
R^2	0.9050	0.3917	0.7267
adj- R^2	0.8778	0.0875	0.6486
pred- R^2	0.7754	-0.8130	0.4858
adeq pre	17.21	3.832	8.59

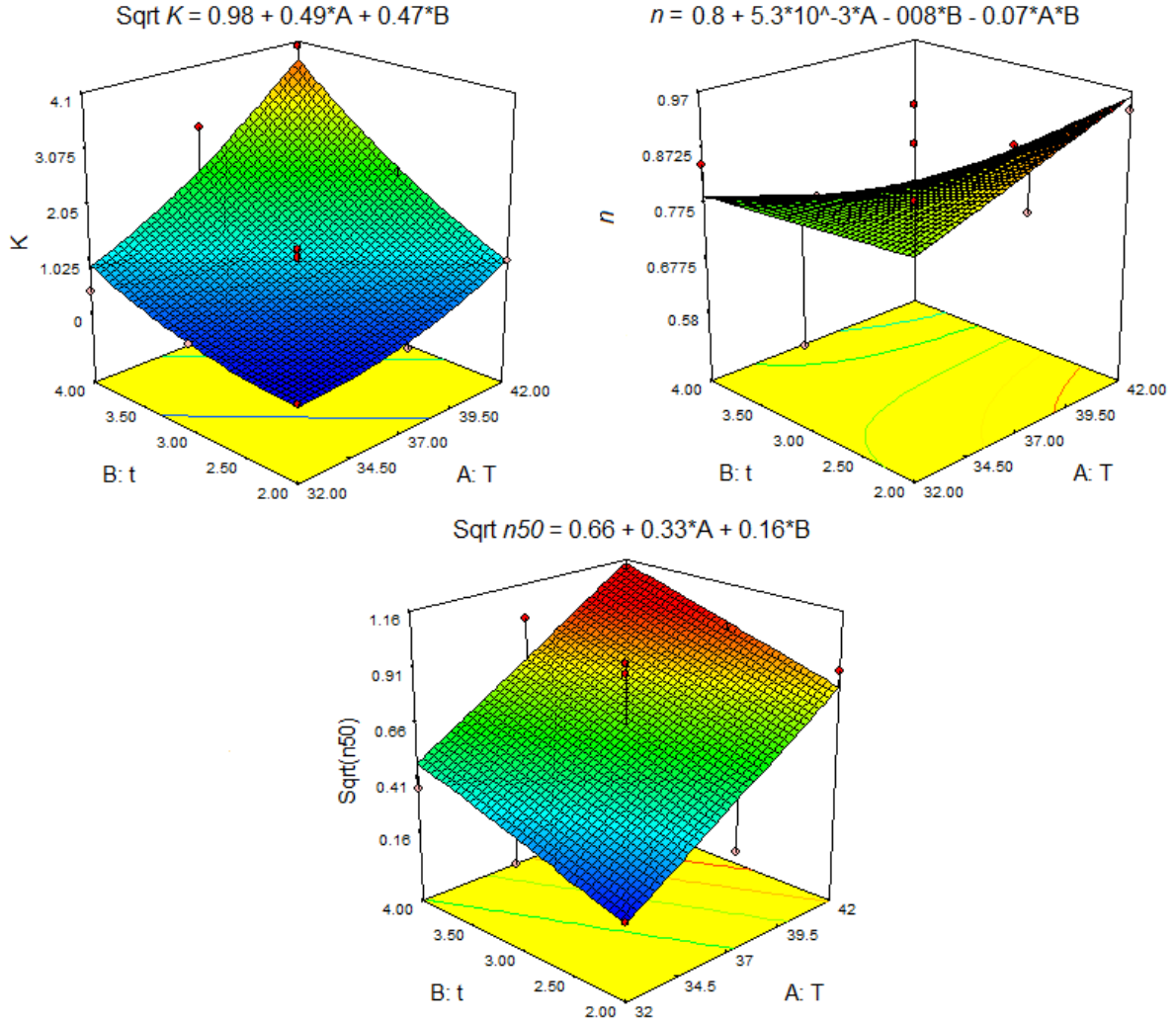
a $p \leq 0.01$

b $p \leq 0.05$

c $p \leq 0.1$

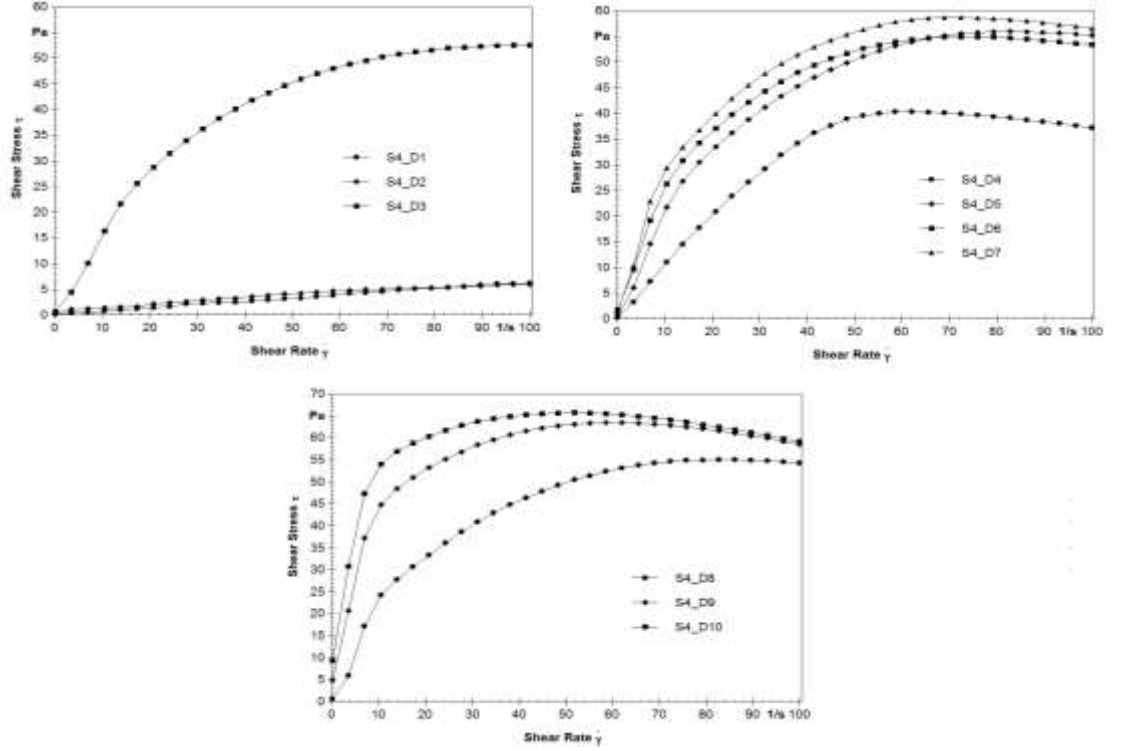
Tablo 16'da görüldüğü gibi oluşturulan modellerin R^2 değeri K değeri için 0.9050 bulunmuş iken bu değer n ve η_{50} değerleri için sırasıyla 0.3917 ve 0.7267 bulunmuştur. R^2 değerlerinin oluşturulan modellerin yalnızca K değerini başarılı şekilde tahmin edeceğini göstermektedir. K değeri için sadece lineer terimlerin önemli olduğu görülmektedir. Elde edilen parametrelerin inkübasyon sıcaklığına ve süresine bağlı değişimi ve oluşturulan model eşitlikleri Şekil 12'de görülmektedir. Diğer 2 suşta olduğu gibi kontrol suşunda da K değeri sıcaklık ve süre arttıkça artmaktadır. Model eşitliğindeki katsayılarından anlaşılacağı gibi K değerini, sıcaklık ve süre birbirine çok yakın şekilde etkilemektedir. Oluşturulan modellerde K ve η_{50} değerlerinin

maksimum olabilmesi için optimizasyon yapılmış ve 42 °C'de 4 saat inkübasyon bu değerleri maksimum yaptığı gözlemlenmiştir. Bu şartlarda, K değerinin 3.76 Pa.sⁿ ve η_{50} değerinin ise 1.32 Pa.s olduğu tahmin edilmiştir.



Şekil 12. Suş 3 ile üretilen dondurma mikslarına ait K , n ve η_{50} değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi

Dondurma üretimi için kullanılan son suş ise EPS üreten 2 suşun karıştırılmasıyla hazırlanmıştır. Karışım suşu ile farklı inkübasyon koşullarında üretilen dondurma mikslarının akış diyagramı Şekil 13'de gösterilmiştir.



Şekil 13. Suş 4 (suş 1 + suş 2) kullanılarak üretilen dondurma mikslarına ait kesme hızına karşılık kayma basıncı grafiği

Şekil 13'den görüldüğü gibi dondurma mikslarının görünür vikozyte değeri kesme hızı arttıkça azalmaktadır. Bu durum shear thinning akış davranışının özelliğidir. İnkübasyon sıcaklığı ve süresinin dondurma mikslarının reolojik özelliklerini önemli derecede artırdığı gözlenmektedir. Suş 4 ile hazırlanan dondurma mikslarına ait Ostwald de Waele model parametreleri ve η_{50} değerleri Tablo 17'de gösterilmiştir.

Tablo 17. Suş 4 kullanılarak üretilen dondurma mikslarına ait model parametreleri ve η_{50} değerleri

Örnekler	Ostwald de Waele Parametreleri			η_{50} (Pa.s)
	K (Pa.s ⁿ)	n	R^2	
R1	0.2343	0.6725	0.9171	0.0653
R2	0.5755	0.4896	0.9468	0.2980
R3	3.1179	0.6641	0.8509	0.8510
R4	1.4969	0.7906	0.7414	0.7250
R5	4.0936	0.6238	0.8874	0.9460
R6	6.9471	0.4962	0.8884	0.9660
R7	6.9532	0.5148	0.8524	1.0300
R8	3.8469	0.6389	0.8472	0.9310
R9	15.7440	0.3402	0.7821	1.1500
R10	24.0730	0.2453	0.7180	1.1900

Tablo 17'den de görüldüğü gibi Ostwald de Waele modelinin R^2 değerleri 0.7180 ile 0.9578 arasında değişmektedir. K ve n değerleri sırasıyla 0.2343 - 24.0730 Pa.sⁿ ile 0.2453 - 0.7906 arasında değiştiği görülmektedir. Diğer suşlarda olduğu gibi bu suşta da n değerlerinin 1'den küçük olması dondurma mikslerinin shear thinning akış davranışına sahip olduğunun göstergesidir. Dondurma mikslerine ait η_{50} değerleri ise 0.0653 Pa.s ile 1.1900 Pa.s arasında değişmektedir. İnkübasyon sıcaklığı ve süresi dikkate alındığında K ve η_{50} değerlerinin sıcaklık ve süre arttıkça arttığı gözlemlenmektedir. Suş 4 ile hazırlanan dondurma mikslerinin diğer suşlara göre dondurma miksine daha iyi bir kıvam sağladığı görülmektedir. Yatışkan fazda elde edilen bu parametreler, yanıt yüzey metodu ile modellenerek parametrelerin sıcaklık ve süreye bağlı değişimi belirlenmiştir. Model parametrelerinin anlamlılık derecesi ve bu parametrelere ait F değerleri Tablo 18'de gösterilmiştir.

Tablo 18. Suş 4 kullanılarak üretilen dondurmalar için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri

Faktörler	K	N	η_{50}
Model	Quadratic	Quadratic	Quadratic
x_1 (sıcaklık)	70.79 ^a	18.21 ^b	72.38 ^a
x_2 (süre)	36.76 ^a	23.09 ^a	33.57 ^a
$x_1 * x_2$	4.80 ^b	11.18 ^b	16.11 ^b
$x_1^2 * x_1$	-	9.78 ^b	11.39 ^b
$x_2^2 * x_2$	-	10.11 ^b	-
$x_1^{2*} * x_2$	-	-	-
$x_1 * x_2^2$	-	-	-
lack of fit	0.72	0.21	108
R^2	0.9493	0.9456	0.9639
adj- R^2	0.9239	0.8776	0.9350
pred- R^2	0.8410	0.7095	0.7546
adeq pre	18.69	12.12	17.52

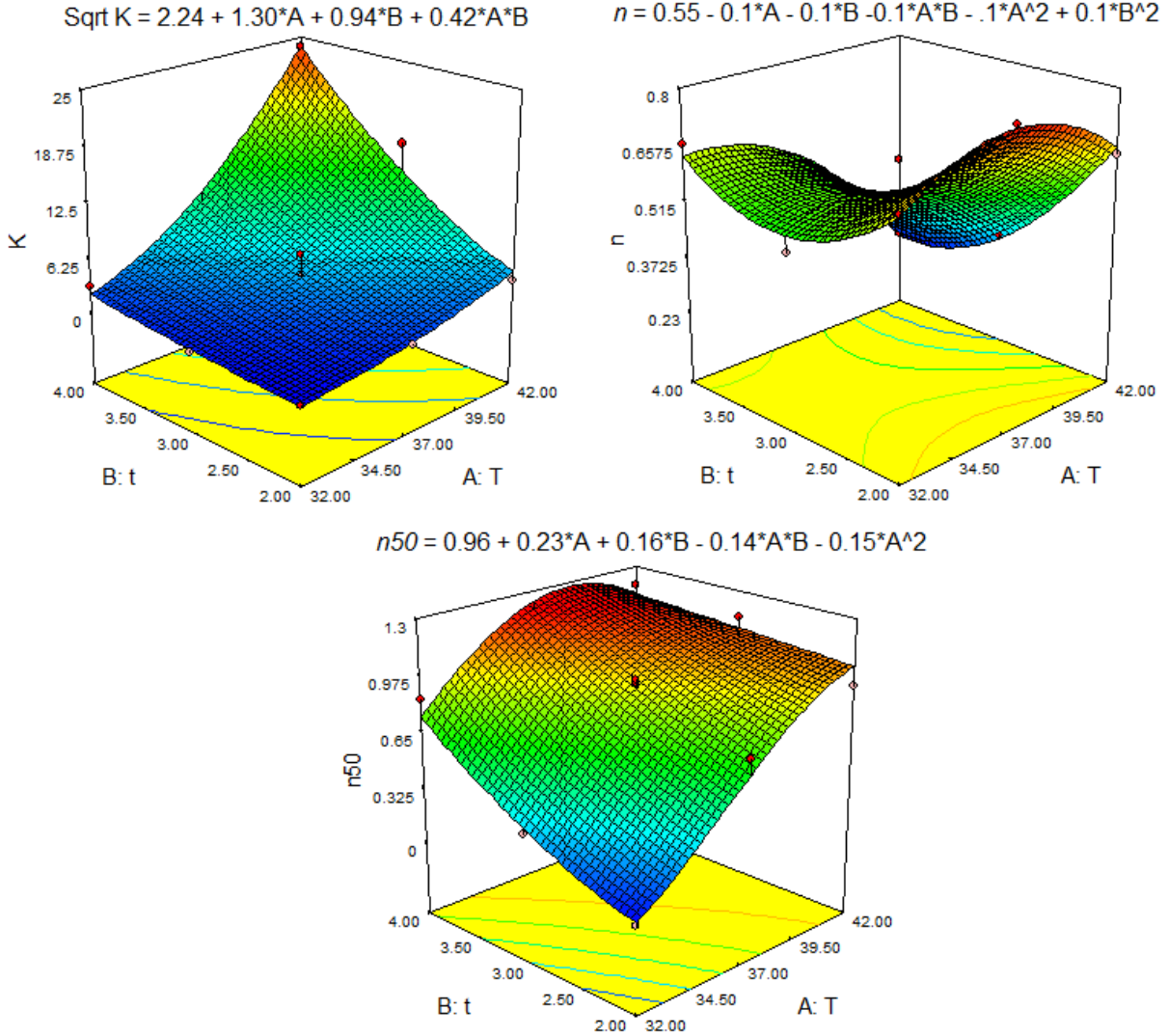
a $p \leq 0.01$

b $p \leq 0.05$

c $p \leq 0.1$

K , n ve η_{50} parametreleri için oluşturulan modellerin R^2 değerleri sırasıyla 0.9493, 0.9456 ve 0.9639 bulunmuştur. Bir değerine yakın olan bu değerler, oluşturulan modellerin bu parametrelerin sıcaklık ve süreye bağlı olarak başarılı şekilde tahmin edilebileceğini göstermektedir. K değeri için lineer parametreler (x_1 ve x_2) ile kuadratik parametre olan $x_1 * x_2$ anlamlı bulunmuş iken n parametresi için lineer terimlere ek olarak x_1^2 ve x_2^2 parametresi de önemli bulunmuştur. K ve η_{50} değerleri göz önünde bulundurulduğunda, bu parametrelerin inkübasyon sıcaklığının ve süresinin artmasıyla arttığı tespit edilmiştir. Her iki parametre için oluşturulan model eşitliği incelendiğinde sıcaklığın, süreye göre bu parametreler üzerinde daha etkili olduğu bulunmuştur. Suş 4 kullanılarak üretilen dondurma mikslerinin yatışkan fazdaki reolojik parametrelerinin inkübasyon sıcaklığı ve süresine bağlı değişimi Şekil 14'de

gösterilmiştir. Optimizasyon için amacımız K ve η_{50} değerlerinin maksimize edilmesi olduğu düşünüldüğünde, bu amaca 42 °C'de 4 saat inkübasyon ile ulaşılabileceği belirlenmiştir. İnkübasyon bu şartlarda gerçekleştirildiğinde K ve η_{50} değerleri sırasıyla 23.98 Pa.sⁿ ve 1.14 Pa.s olarak model tahmin edilmiştir.

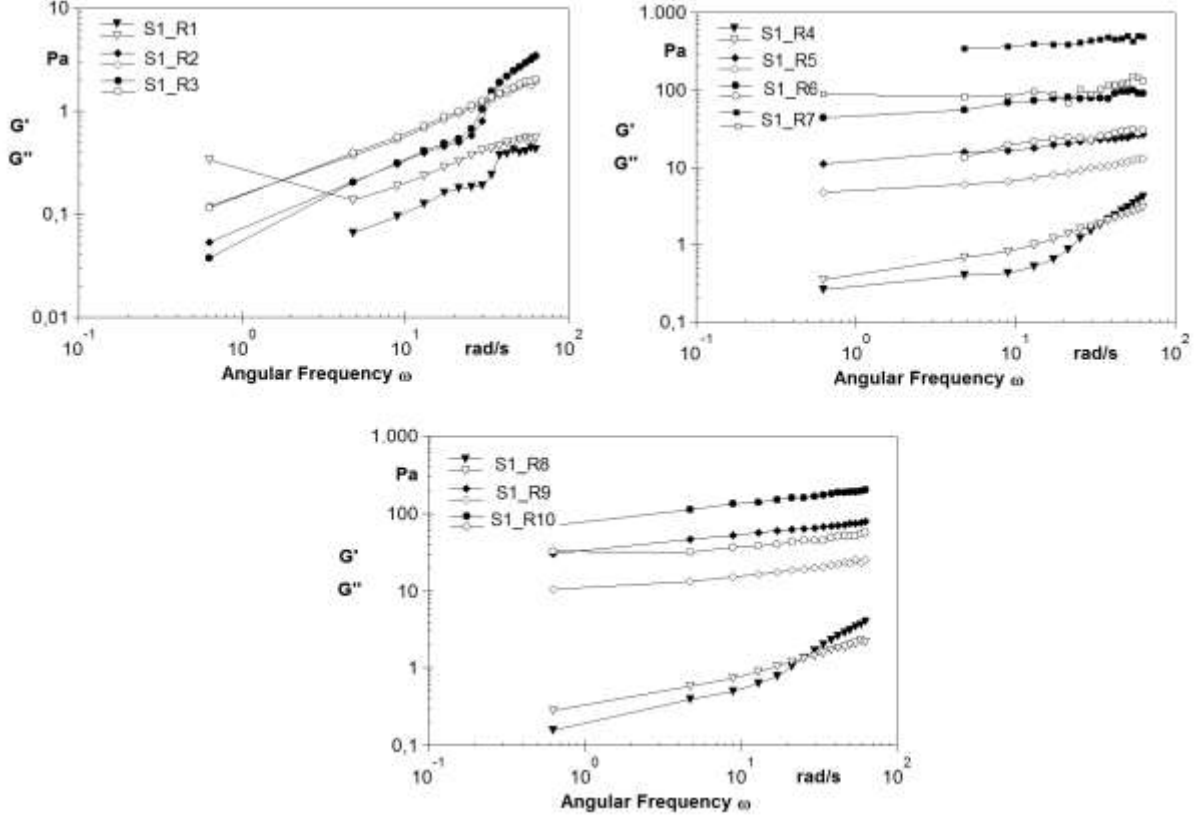


Şekil 14. Suş 4 ile üretilen dondurma mikslarına ait K , n ve η_{50} değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi

Sonuçlardan görüldüğü gibi dondurma üretiminde EPS üreten ve üretmeyen kültürlerin belirlenen sınırlar içerisinde inkübasyon sıcaklığı ve süresi arttıkça dondurma mikslarının kıvamında ve viskozitesinde önemli derecede artış görülmektedir. Dondurma mikslarına en kıvamlı yapıyı EPS üreten suş 1 ile suş 2 karışımının sağladığı belirlenmiştir. Kontrol örneği ile EPS üreten suşlar karşılaştırıldığında reolojik özellikler bakımından önemli farklılıklar bulunduğu belirlenmiştir.

4.1.4.2 Dondurma Mikslerinin Dinamik Fazdaki Reolojik Özellikleri

EPS üreten *S.thermophilus* suşları ile farklı inkübasyon sıcaklığında ve süresinde üretilen dondurma mikslerinin akış davranışı belirlendikten sonra, viskoelastik özelliklerinin belirlenmesi için frekans taraması testleri gerçekleştirilmiştir. Şekil 15, üretilen dondurma mikslerinin açılal hıza bağılı olarak G' (depo modülü) ve G'' (kayıp modülü) değerlerindeki değişimi göstermektedir.



Şekil 15. Suş 1 ile hazırlanan dondurma mikslerinin açılal hıza bağılı olarak G' (kapalı sembol) ve G'' (açık sembol) değerlerindeki değişim

Şekil 15'de gözlemlendiği gibi dondurma mikslerinin G' ve G'' değerleri açılal hız arttıkça artmaktadır. İnkübasyon sıcaklığının ve süresinin bu değerleri önemli derecede etkilediği gözlemlenmektedir. R1, R2, R3, R4 ve R8 örneklerinde G'' değerlerinin G' değerlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum belirtilen örneklerde viskoz davranışın hakim olduğunun göstergesidir. Geri kalan dondurma miks örneklerinde ise G' değeri G'' değerinden yüksek bulunmuştur. Bu örneklerde de elastik davranış hakimdir. Elde edilen data'lara eşitlik 5 ve 6 fit edilerek, eğim (K' , K'') ve kesim noktaları (n' , n'') hesaplanmıştır. Tablo 19'da herbir dondurma miksi için hesaplanan ilgili parametreler belirtilmiştir.

Tablo 19. Suş 1 ile hazırlanan dondurma mikserlerinin K' , n' , K'' , n'' ve 5.38 frekanstaki G' ve G'' değerleri

Örnek	$G' = K'(\omega)^{n'}$			$G' \text{ (Pa)}$ f(5.38)	$G'' = K''(\omega)^{n''}$			G'' f(5.38)
	$K' \text{ (Pa)}$	n'	R^2		$K'' \text{ (Pa)}$	n''	R^2	
R1	0.016	0.801	0.943	0.3730	0.0825	0.601	0.917	0.5340
R2	0.056	0.862	0.885	1.5867	0.1519	0.616	0.991	1.3233
R3	0.388	0.573	0.950	2.8767	0.4896	0.394	0.965	2.0900
R4	0.148	0.719	0.837	1.5367	0.2949	0.512	0.947	1.6600
R5	7.454	0.261	0.972	18.433	3.6160	0.266	0.950	9.2367
R6	8.698	0.226	0.939	18.833	3.4474	0.274	0.934	4.3289
R7	32.07	0.206	0.986	70.766	11.971	0.196	0.962	22.066
R8	0.592	0.536	0.981	4.1200	0.8134	0.309	0.983	2.3267
R9	33.83	0.201	0.984	69.200	11.651	0.170	0.931	21.300
R10	79.40	0.218	0.976	160.33	29.998	0.133	0.918	43.766

Dondurma örneklerinin 5.38 Hz deki G' değerleri 0.373 Pa ile 160.3 Pa arasında değişiklik gösterirken, G'' değerleri 0.5340 Pa ile 43.766 Pa arasında değişmiştir. G' değeri için oluşturulan power-law modelinin R^2 değeri 0.8375 ile 0.9865 arasında bulunmuşken, G'' için oluşturulan modellerin R^2 değeri 0.9171 ile 0.9916 arasında bulunmuştur. R^2 değerlerinden anlaşılacağı gibi G' ve G'' değerlerinin frekans ile ilişkisi power-law modeli ile başarılı bir şekilde açıklanabilmektedir. Suş 1 kullanılarak hazırlanan dondurma mikserlerinin K' ve n' değerleri sırasıyla 0.0160 - 79.406 Pa ve 0.2019 - 0.8622 arasında bulunmuştur. K'' ve n'' değerleri için ise hesaplanan değerler sırasıyla 0.0825 - 29.998 Pa ve 0.1335 - 0.6163 arasında değişiklik göstermiştir. R1, R2, R3, R4 ve R8 örneklerinin K'' değeri K' değerinden yüksek bulunmuştur. Yukarıda belirtildiği gibi bu durum örneklerde viskoz (sıvı) özelliğin daha hakim olduğundan kaynaklanmaktadır. R5, R6, R7, R9 ve R10 örneklerinde ise katı (elastik) özelliğin hakim olduğu Tablo 19'dan anlaşılmaktadır. Dinamik reolojik ölçümlerden elde edilen parametreler, yanıt yüzey metodu ile modellenmiştir. Tablo 20, oluşturulan model parametrelerinin anlamlılık derecesini ve F değerlerini göstermektedir.

Tablo 20. Suş 1 kullanılarak üretilen dondurmalar için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri

Faktörler	$K' \text{ (Pa)}$	n'	G'	$K'' \text{ (Pa)}$	n''	G''
Model	Quadratic	Quadratic	Quadratic	Quadratic	Quadratic	Quadratic
x_1 (sıcaklık)	192 ^a	13.58 ^b	248 ^a	540 ^a	50 ^a	93 ^a
x_2 (süre)	177 ^a	9.92 ^b	234 ^a	476 ^a	25 ^a	89 ^a
$x_1 * x_2$	80 ^a	-	90 ^a	198 ^a	-	30 ^a
$x_1 * x_1$	-	3.97 ^b	-	-	-	-
$x_2 * x_2$	-	-	-	-	-	-
$x_1^2 * x_2$	-	-	-	-	-	-
$x_1 * x_2^2$	-	-	-	-	-	-
lack of fit	8.91	20.79	283	25.86	99.36	0.22



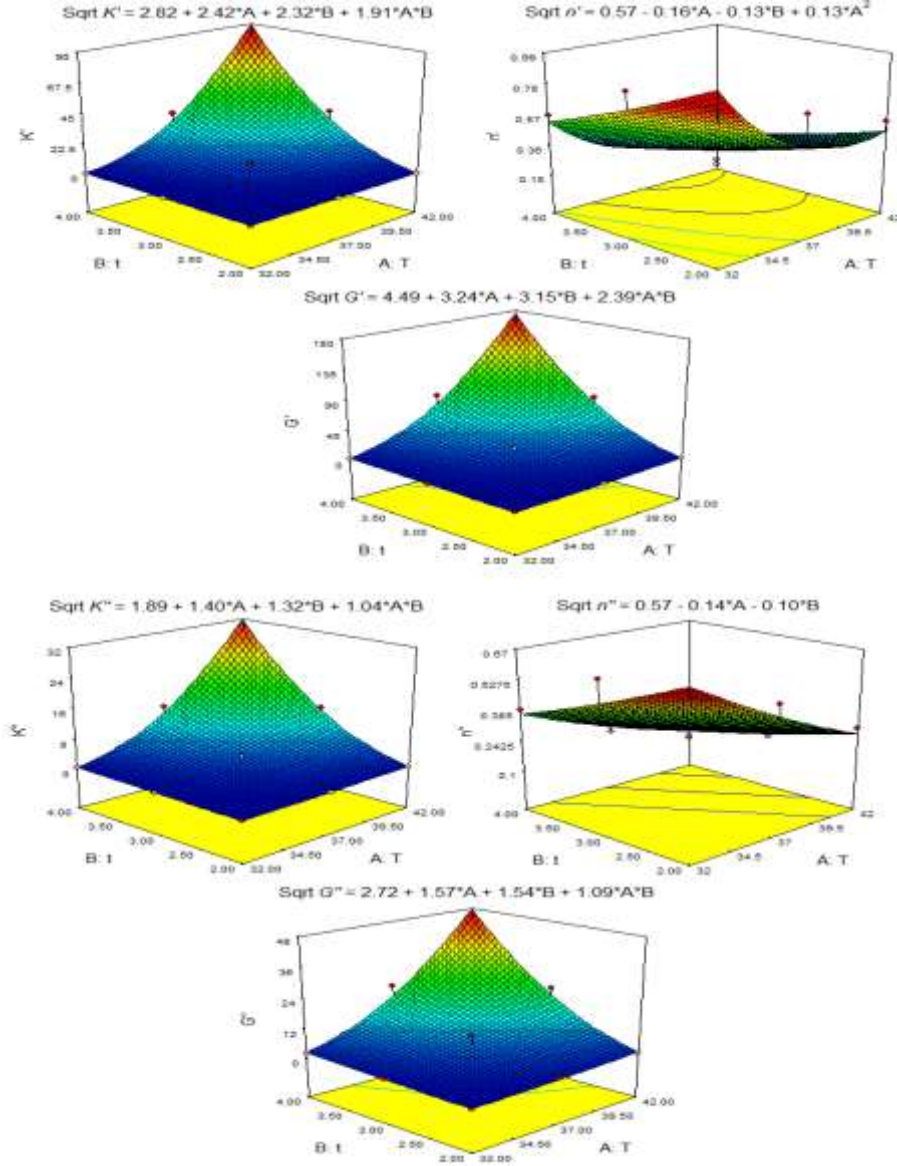
R^2	0.9868	0.8207	0.9896	0.9951	0.9149	0.9725
$adj-R^2$	0.9802	0.7311	0.9844	0.9926	0.8906	0.9587
$pred-R^2$	0.9344	0.4979	0.9534	0.9780	0.8344	0.9271
$adeq\ pre$	35.09	8.82	40.11	58.17	18.05	24.63

a $p \leq 0.01$

b $p \leq 0.05$

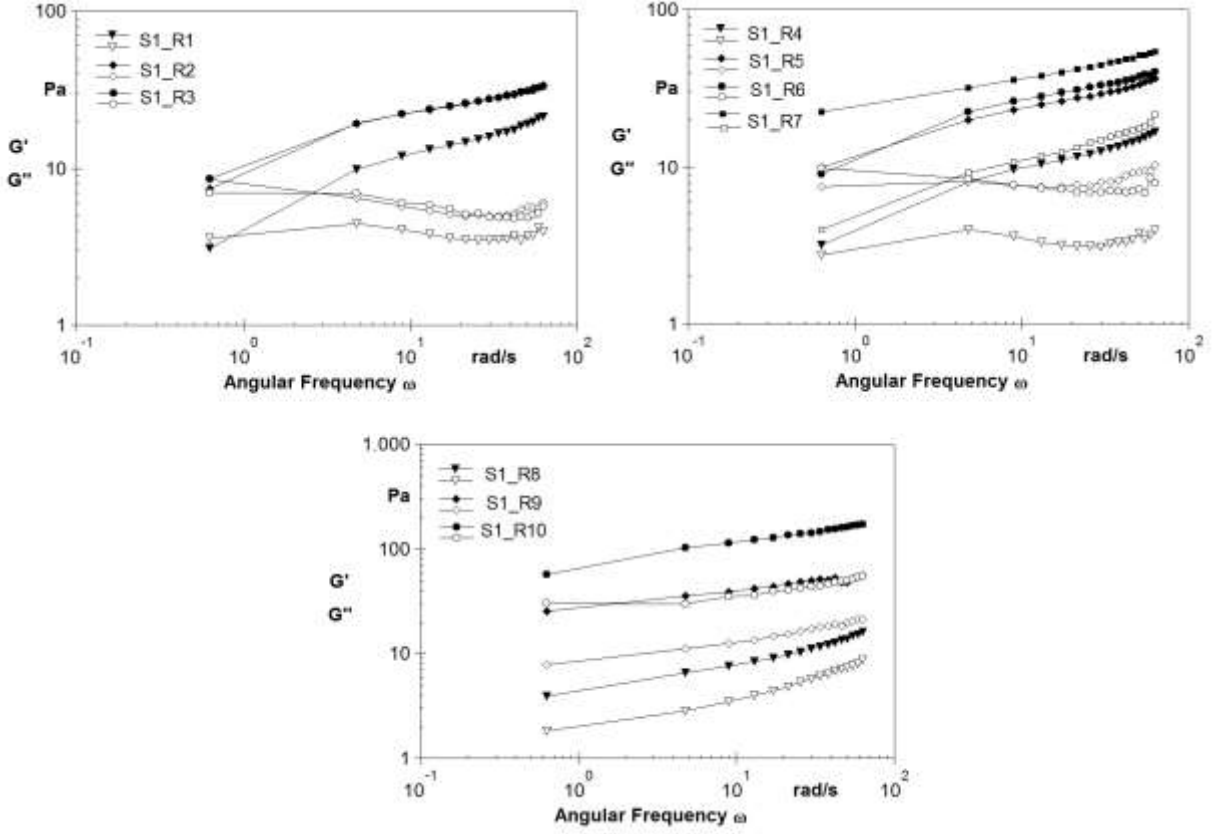
c $p \leq 0.1$

Oluşturulan modellerin R^2 değerleri incelendiğinde, modellerin ilgili parametrelerin inkübasyon sıcaklığı ve süresine bağlı tahmin edilebilmesi için yeterli olduğu görülmektedir. Tablo 18'den görüldüğü gibi lineer terimler (x_1 ve x_2) tüm dinamik parametreler için önemlidir. Lineer terimlere ilave olarak n' için $x_1 * x_1$ parametresi önemli bulunmuş iken, G' , K'' ve G'' parametreleri için ise $x_1 * x_2$ terimi önemli bulunmuştur. Inkübasyon sıcaklığı ve süresi arttıkça dinamik parametrelerde artış gözlenmektedir. Şekil 16, dinamik reolojik ölçümler sonucu elde edilen parametrelerin büyüklüğünün inkübasyon sıcaklığına ve süresine bağlı değişimini göstermektedir. Şekilden de görüldüğü gibi sıcaklık ve süre arttıkça bu parametrelerin değerleri artış göstermektedir. Bu kısımdaki optimizasyon G' , K' , G'' ve K'' değerleri maksimum olacak şekilde yapılmıştır. Belirtilen bu şartlara göre optimizasyon gerçekleştirildiğinde, en uygun inkübasyon şartı 41.95 °C'de 3.4 saat olduğu belirlenmiştir. Bu şartlarda tahmin edilen G' , K' , G'' ve K'' değerleri ise sırasıyla 84.38 Pa, 166.16 Pa, 30.19 Pa ve 45.47 Pa olarak tahmin edilmiştir.



Şekil 16. Suş 1 ile üretilen dondurma mikslarına ait dinamik reolojik ölçümlerden elde edilen parametrelerin değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi

EPS üreten 2. suş kullanılarak üretilen dondurma mikslarında da frekans sweep (tarama) testi gerçekleştirilmiş ve açısal hıza bağlı olarak G' ve G'' değerlerindeki değişim Şekil 17'de gösterilmiştir. Şekil 11'de görüldüğü gibi, suş 2 (EPS üreten 2. *S.thermophilus* suşu) kullanılarak hazırlanan tüm dondurma miks örneklerinin G' değeri (şekildeki kapalı formül) G'' değerlerinden (şekildeki açık formül) daha yüksek bulunmuştur. Bu durum örneklerde katı özelliğin sıvı özelliğe daha baskın olduğunun göstergesidir. Analiz edilen bütün dondurma mikslarının G' değeri açısal hız arttıkça artmaktadır. Fakat R1 - R7 arasında kalan örneklerin G'' değeri şekilden de görüldüğü gibi açısal hız arttıkça azalmaktadır. Diğer örneklerde ise G'' değeri açısal hız arttıkça artmaktadır.



Şekil 17. Suş 2 ile hazırlanan dondurma mikserlerinin açısızal hıza bağılı olarak G' (kapalı sembol) ve G'' (açık sembol) değerlerindeki değişim

Elde edilen açısızal hıza bağılı G' ve G'' değerleri 5. ve 6. eşıtlige fit edilerek elde edilen eğim ve kesim noktası ile frekans 5.38'deki G' ve G'' değerleri Tablo 21'de gösterilmiştir.

Tablo 21. Suş 2 ile hazırlanan dondurma mikserlerinin K' , n' , K'' , n'' ve 5.38 frekanstaki G' ve G'' değerleri

Örnek	$G' = K'(\omega)^{n'}$			$G' \text{ (Pa)}$ f(5.38)	$G'' = K''(\omega)^{n''}$			$G'' \text{ (Pa)}$ f(5.38)
	$K' \text{ (Pa)}$	n'	$R^{2'}$		$K'' \text{ (Pa)}$	n''	$R^{2''}$	
R1	5.4899	0.3214	0.9899	16.7	3.8103	-0.0085	0.1350	3.5
R2	11.962	0.2487	0.9852	28.4	7.5580	-0.1009	0.8055	4.9
R3	12.583	0.2321	0.9885	28.1	7.0052	-0.0866	0.8568	4.9
R4	4.6822	0.2985	0.9913	13.1	3.0634	0.0323	0.3811	3.2
R5	12.857	0.2460	0.9932	30.1	6.7997	0.0681	0.6709	8.1
R6	14.196	0.2500	0.9876	33.9	9.1694	-0.0667	0.7575	7.1
R7	22.875	0.2020	0.9951	46.2	4.9024	0.3338	0.9879	15.6
R8	3.2697	0.3703	0.9858	11.5	1.3065	0.4417	0.9907	6.0
R9	28.156	0.1602	0.9665	51.9	7.3419	0.2539	0.9902	18.2
R10	69.247	0.2182	0.9968	147.0	24.705	0.1795	0.9382	44.8

Tablo 21'de görüldüğü gibi *S. thermophilus* suşu kullanılarak farklı inkübasyon sıcaklığında ve süresinde hazırlanan dondurma mikserlerinin G' değerleri 16.7 Pa ile 147.0 Pa arasında değişmiş iken G'' değerleri 3.5 Pa ile 44.8 Pa arasında bulunmuştur. Suş 2 kullanılarak

hazırlanan dondurma mikslerinin G' değerleri G'' değerlerinden daha yüksek bulunmuştur. G' değeri için oluşturulan power law modelinin R^2 değerleri 0.9665 ile 0.9968 arasında değişmiştir. R^2 değerlerinin bire çok yakın olması oluşturulan modellerin etkinliğinin göstergesidir. Fakat G'' için oluşturulmaya çalışılan modellerin R^2 değerleri R1, R4, R5 ve R6 örnekleri için oldukça düşük (0.1350-0.7575) bulunmuştur. Diğer örnekleri için oluşturulan modellerin R^2 değerleri ise 0.8055 ile 0.9907 arasında bulunmuştur. Suş 2 ile hazırlanan dondurma mikslerinin K' ve n' değerleri sırasıyla 5.4899 - 69.247 Pa ve 0.1602 - 0.3703 arasında bulunmuştur. K'' ve n'' değerleri ise 1.3065 - 24.705 Pa ile -0.1009 - 0.4417 arasında bulunmuştur. Dondurma mikslerinin K' değeri K'' değerinden daha yüksek bulunmuştur; bu durum örneklerde katı özelliğin hakim olduğunu göstermektedir. Tablo 21'deki değerlerin sıcaklık ve süreye bağlı değişimi yanıt yüzey metodu ile belirlenerek, parametrelerin F değerleri ve anlamlılık düzeyi Tablo 22'de özetlenmiştir.

Tablo 22. Suş 2 kullanılarak üretilen dondurmalar için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri

Faktörler	K'	n'	G'	K''	n''	G''
Model	Quadratic	Quadratic	Quadratic	Linear	Quadrati	Quadrati
x_1 (sıcaklık)	24.3 ^a	-	19.0 ^a	0.95	10.29 ^b	343 ^a
x_2 (süre)	70.0 ^a	14.88 ^a	51.1 ^a	10.87 ^b	0.013	305 ^a
$x_1 * x_2$	27.7 ^a	-	25.2 ^a	6.43 ^b	-	154 ^a
$x_1 * x_1$	-	-	-	-	-	22 ^a
$x_2 * x_2$	-	4.23 ^c	-	-	-	-
$x_1^2 * x_2$	-	-	-	-	-	-
$x_1 * x_2^2$	-	-	-	-	-	-
lack of fit	18.21	20.79	11.74	4.98	2.22	1.54
R^2	0.9531	0.7319	0.9407	0.7526	0.5954	0.9940
adj- R^2	0.9297	0.6553	0.9111	0.6289	0.4798	0.9891
pred- R^2	0.8613	0.4790	0.7637	0.1413	0.1665	0.9662
adeq pre	19.12	5.75	17.16	8.27	4.95	43.89

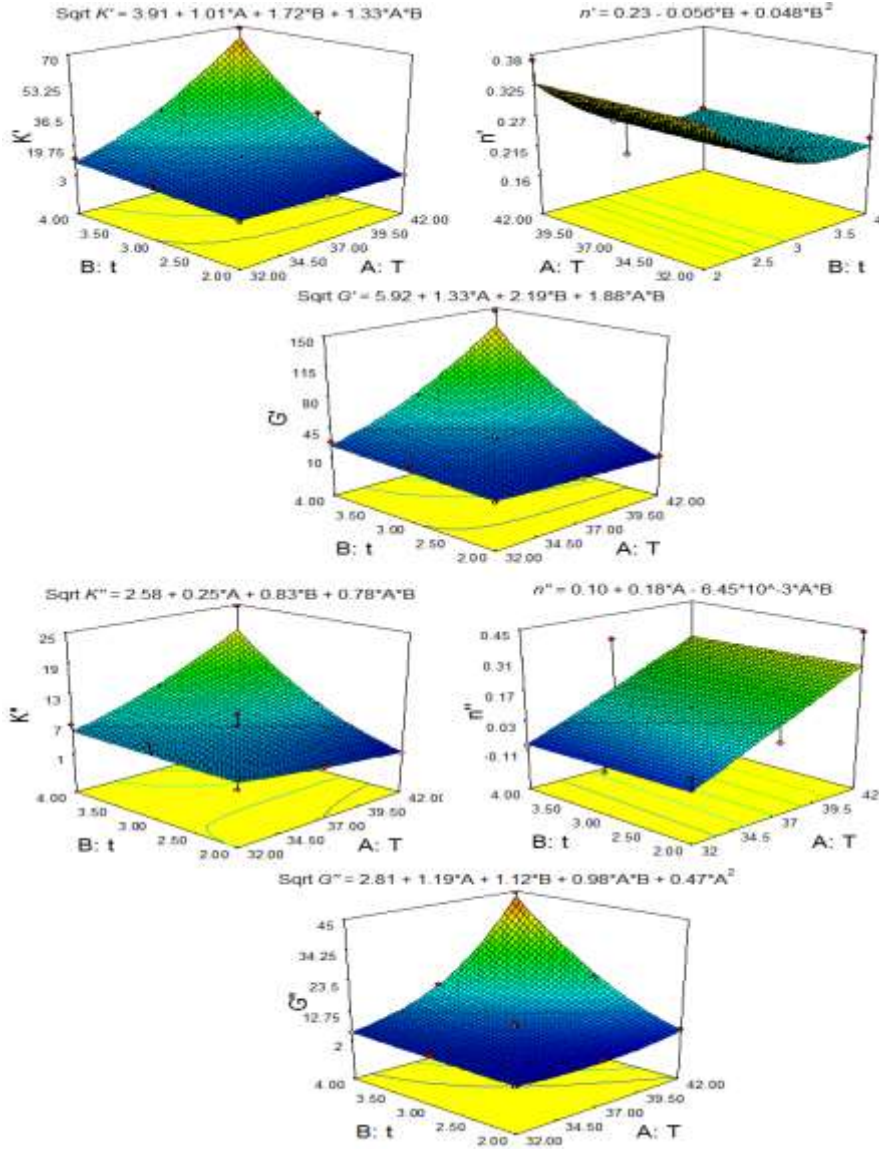
a $p \leq 0.01$

b $p \leq 0.05$

c $p \leq 0.1$

Tablo 22'de görüldüğü gibi K' , G' ve G'' parametreleri için oluşturulan modellerin R^2 değerleri 1'e oldukça yakındır. Fakat n' , K'' ve n'' parametrelerinin ise R^2 değerleri sırasıyla 0.7319, 0.7526 ve 0.5954 olarak bulunmuştur. Bu durumun n' , K'' ve n'' parametreleriyle inkübasyon sıcaklığı ve süresi arasındaki ilişkinin zayıf olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca G'' değerlerinin bazı örneklerde açılma hızına bağlı olarak azalması ve bazılarında artması da modellemeyi güçleştiren faktörler arasında sayılabilir. K' , G' , K'' parametreleri için linear terimler (x_1 , x_2) ve cross terim ($x_1 * x_2$) önemli bulunmuştur. G'' parametresi için bu terimlere ilave olarak sıcaklığın quadratik etkisi (x_1^2) önemli bulunmuştur. n'' terimi için ise sadece sıcaklık ve sürenin etkisi önemli bulunmuştur. K' , G' , K'' ve G'' parametreleri,

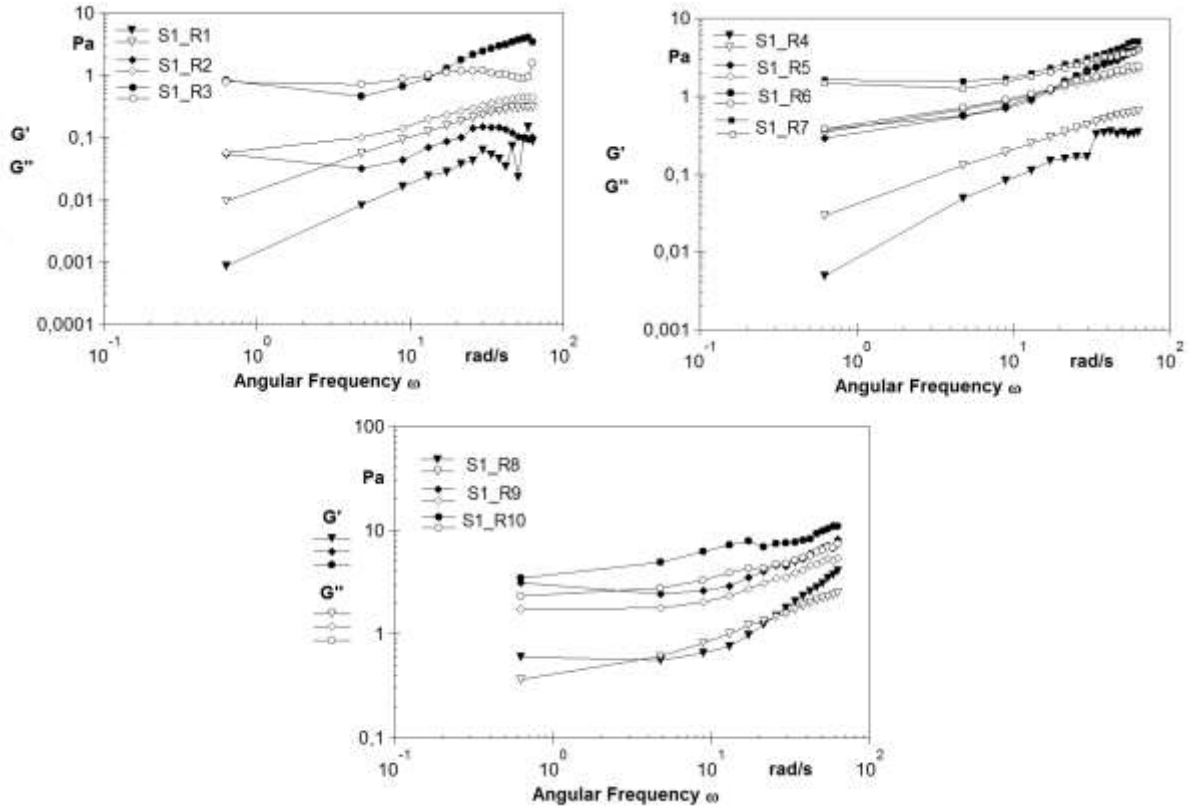
inkübasyon sıcaklığı ve süresinin artışıyla artmaktadır. Şekil 18, dinamik reolojik analizler sonucu elde edilen parametrelerin inkübasyon sıcaklığına ve süresine bağlı değişimini göstermektedir.



Şekil 18. Suş 2 ile üretilen dondurma mikserlerine ait dinamik reolojik ölçümlerden elde edilen parametrelerin değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi

İnkübasyon sıcaklığına ve süresine bağlı modeller gözönünde bulundurularak optimizasyon (K' , G' , K'' , G'' değerlerinin maksimum olduğu nokta) gerçekleştirilmiştir. Optimizasyon sonucunda inkübasyon sıcaklığı 42 °C ve süresi ise 4 saat olarak bulunmuştur. Bu şartlarda K' , G' , K'' ve G'' değerleri sırasıyla 63.57 Pa, 128.08 Pa, 19.69 Pa ve 43.14 Pa olarak bulunmuştur. Yatışkan fazda elde edilen sonuçlara paralel olarak 2. suş kullanılarak üretilen

dondurma miks örneklerinin viskoelastik yapısının 1. suş ile üretilen dondurma örneklerine göre daha zayıf olduğu görülmektedir.



Şekil 19. Suş 3 (EPS üretmeyen kontrol suş) ile hazırlanan dondurma mikslerinin açıl hızına bağlı olarak G' (kapalı sembol) ve G'' (açık sembol) değerlerindeki değişim

EPS'nin dondurma miks örnekleri üzerindeki etkilerini görebilmek amacıyla, çalışmada EPS üreten kültürlerle EPS üretmeyen kültürler dondurma üretiminde kullanılmıştır. EPS üretmeyen *S.thermophilus* suşu (suş 3; kontrol suşu) kullanılarak üretilen dondurma mikslerinin dinamik ölçümler sonucu elde edilen açıl hızına bağlı G' ve G'' değerlerindeki değişim Şekil 19'da gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi R1, R2, R3, R4, R5 ve R6 örneklerinin G'' değeri, çoğu açıl hız değerlerinde G' değerinden yüksektir. R8, R9 ve R10 örneklerinde ise G' değeri G'' değerinden daha yüksek bulunmuştur. Frekansa karşılık elde edilen G' ve G'' değerleri kullanılarak power-law modelinin ilgili parametreleri ve 5.38 Hz'deki G' , G'' değerleri Tablo 23'de gösterilmiştir.

Tablo 23. Suş 3 ile hazırlanan dondurma mikslerinin K' , n' , K'' , n'' ve 5.38 frekanstaki G' ve G'' değerleri

Örnek	$G' = K'(\omega)^{n'}$			G' f(5.38)	$G'' = K''(\omega)^{n''}$			G'' f(5.38)
	K' (Pa)	n'	R^2		K'' (Pa)	n''	R^2	
R1	0.001	1.051	0.792	0.05	0.0308	0.5791	0.987	0.25
R2	0.045	0.250	0.657	0.15	0.0515	0.5385	0.990	0.36
R3	0.168	0.771	0.968	2.70	0.7770	0.0889	0.467	1.07
R4	0.020	0.714	0.945	0.32	0.0547	0.6049	0.997	0.48
R5	0.096	0.898	0.997	2.31	0.2975	0.4910	0.997	1.67
R6	0.108	0.874	0.996	2.37	0.3098	0.4996	0.995	1.74
R7	0.532	0.535	0.953	3.35	0.7029	0.4049	0.954	2.96
R8	0.052	1.047	0.989	2.07	0.2380	0.5689	0.996	1.74
R9	0.980	0.483	0.912	4.99	0.8018	0.4588	0.964	3.88
R10	3.278	0.272	0.946	7.68	1.5360	0.3632	0.966	5.17

Tablo 23'den görüldüğü gibi kontrol suşu ile farklı inkübasyon şartlarında üretilen dondurma mikslerinin G' ve G'' değerleri sırasıyla 0.05 - 7.68 Pa ve 0.25 - 5.17 Pa arasında değişmiştir. Inkübasyon sıcaklığı ve süresi arttıkça dondurma miks örneklerinin G' ve G'' değerlerinde önemli bir artış gözlenmektedir. G' parametresine uygulanan power-law modelinin R^2 değeri R1 ve R2 örnekleri için 0.7924 ve 0.6579 bulunmuştur. Bu R^2 değerindeki düşüklük örneklerin yapısının zayıf olmasından dolayı G' değerindeki frekans artışı ile düzensiz artış ve azalıştan kaynaklandığı düşünülmektedir. Diğer 8 dondurma miksi (R 3-10) için R^2 değeri 0.9121 ile 0.9974 arasında değişiklik göstermiştir. G' değeri için elde edilen R^2 değerleri incelendiğinde genel olarak açılma hızı ile G' değeri arasındaki ilişkinin power-law modeli ile başarılı bir şekilde açıklandığı görülmektedir. Suş 3 kullanılarak hazırlanan dondurma mikslerinin K' ve n' değerleri sırasıyla 0.0013 - 3.2780 Pa ve 0.2509 - 1.0517 arasında değiştiği görülmektedir. G'' değeri için oluşturulan modelin R^2 değeri R3 değeri için 0.4670 bulunmuş iken diğer örnekler için oluşturulan modelin R^2 değerinin 0.9546 ile 0.9974 arasında değiştiği görülmektedir. Dondurma miks örneklerinin K'' ve n'' değerleri 0.0308 - 1.5360 Pa ve 0.0889 - 0.6049 arasında değiştiği görülmektedir. R 1 - 8 dondurma miks örneklerinin K'' değeri K' değerinden yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum bu örneklerde viskoz özelliğin daha baskın olduğunu göstermektedir. R9 ve R10 örneklerinde ise K' değeri K'' değerinden yüksek bulunmuştur. Tablodan görüldüğü gibi uygulanan inkübasyon şartları (sıcaklığı ve süresi) dondurma mikslerinin kıvamını önemli ölçüde etkilediği gibi ürünlerin viskoelastik karakterleri üzerinde de önemli derecede etkili olmaktadır. EPS üreten suşlar ile üretilen dondurma miksleri ile kontrol suşu karşılaştırıldığında, aralarında önemli derecede farklılık olduğu görülmektedir. EPS üreten suş kullanılarak üretilen dondurma miks örneklerinin K' ve K'' değerleri kontrol suşu ile hazırlanan örneğe göre oldukça yüksek bulunmuştur. Dinamik ölçümlerden elde edilen parametrelerin inkübasyon sıcaklığına ve süresine bağlı değişimini

gözlemleyebilmek için yanıt yüzey metodu uygulanmıştır. Tablo 24, oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerlerini ve onların anlamlılık düzeyini göstermektedir.

Tablo 24. Suş 3 kullanılarak üretilen dondurmalar için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri

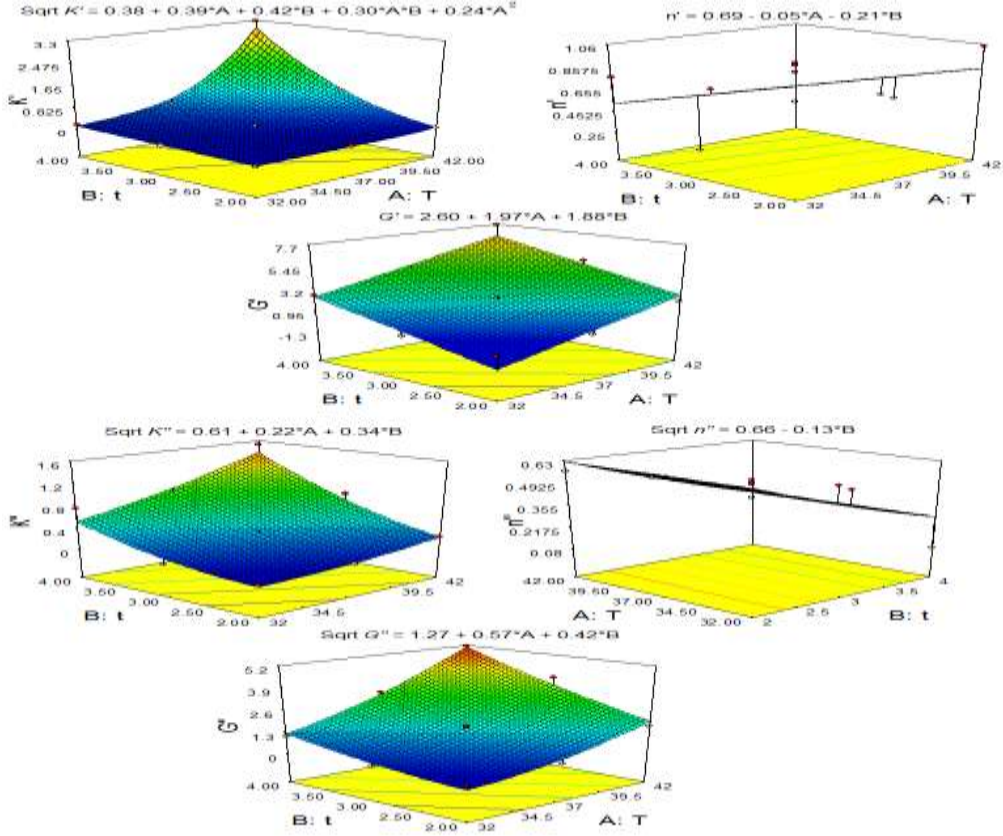
Faktörler	K'	n'	G'	K''	n''	G''
Model	Quadratic	Linear	Quadratic	Quadrtati	Quadrtati	Quadrtati
x_1 (sıcaklık)	71.8 ^a	0.17	29.1 ^a	22.0 ^a	-	110 ^a
x_2 (süre)	82.8 ^a	3.49	51.1 ^a	52.2 ^a	9.31 ^b	59.6 ^a
$x_1 * x_2$	27.9 ^a	-	26.5 ^a	-	-	-
x_1^2	10.4 ^b	-	-	-	-	-
x_2^2	-	-	-	-	-	-
$x_1^2 * x_2$	-	-	-	-	-	-
$x_1 * x_2^2$	-	-	-	-	-	-
lack of fit	92.9	317	520	257	626	57.4
R^2	0.9747	0.3429	0.8881	0.9138	0.5377	0.9604
adj- R^2	0.9545	0.1551	0.8562	0.8891	0.4800	0.9491
pred- R^2	0.842	-0.3875	0.7027	0.7915	0.1685	0.8998
adeq pre	22.08	3.39	15.71	17.76	5.57	27.16

a $p \leq 0.01$

b $p \leq 0.05$

c $p \leq 0.1$

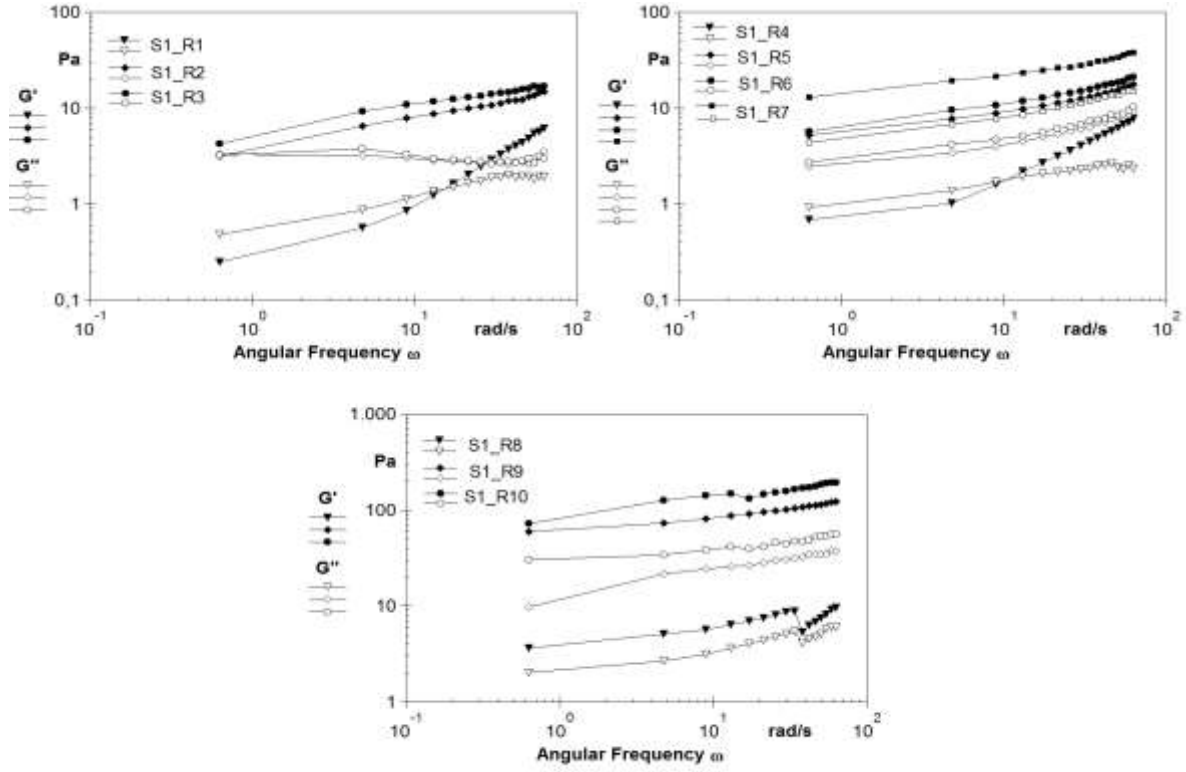
Tablo 24'den görüldüğü gibi n' ve n'' için oluşturulan modellerin R^2 değerleri oldukça düşük bulunmuştur (0.3429 ve 0.5377). Bu durum bu iki parametrenin inkübasyon sıcaklığı ve süresine bağlı olarak modellenemeyeceğinin göstermektedir. K' ve G' değerleri için oluşturulan modellere ait R^2 değerleri sırasıyla 0.9747 ve 0.8881 olarak bulunmuştur. K' parametresi için linear terimler (x_1 ve x_2), cross terim ($x_1 * x_2$) ve kuadratik terim (x_1^2) etkilidir. G' değeri için ise linear terimler (x_1 ve x_2) ve cross terim ($x_1 * x_2$) etkili bulunmuştur. K'' ve G'' parametreleri için oluşturulan modellerin R^2 değerleri ise sırasıyla 0.9138 ve 0.8998 olarak bulunmuştur. Bu iki parametre için ise sadece linear terimler (x_1 ve x_2) önemli bulunmuştur. Dinamik reolojik ölçümlerden elde edilen parametrelerin inkübasyon sıcaklığı ve süresine bağlı değişimi Şekil 20'de gösterilmiştir.



Şekil 20. Suş 3 ile üretilen dondurma mikserlerine ait dinamik reolojik ölçümlerden elde edilen parametrelerin değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi

Şekil 20'den görüldüğü gibi K' , G' , K'' ve G'' parametrelerinin büyüklüklerinin inkübasyon sıcaklığı ve süresi arttıkça arttığı görülmüştür. Optimizasyon sonucunda ise uygulanması gereken en iyi şartların 42 °C'de 4 saat olduğu belirlenmiştir. Bu şartlar uygulandığında K' , G' , K'' ve G'' değerleri, 3.02 Pa, 6.45 Pa, .38 Pa ve 5.12 Pa olarak tahmin edilmiştir. Kontrol örneği ile diğer suşlar karşılaştırıldığında, kontrol örneğinin viskoelastik parametrelerinin EPS üreten suşlar ile hazırlananlara göre oldukça düşük bulunmuştur.

EPS üreten iki suşun (suş 1 ve suş 2) karışımıyla farklı inkübasyon sıcaklığı ve şartlarında üretilen dondurma mikserlerine ait açılma hızına bağlı G' ve G'' değerlerindeki değişim Şekil 21'de gösterilmiştir. Şekilde gözlemlendiği gibi dondurma mikserlerinin G' ve G'' değerleri genellikle açılma hızı arttıkça artmaktadır. Dondurma mikserleri üretiminde uygulanan inkübasyon sıcaklığının ve süresinin bu değerleri önemli derecede etkilediği gözlemlenmektedir. R1 ve R4 örneklerinde bazı frekans değerlerinde G'' değerlerinin G' değerlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Diğer dondurma miks örneklerinde ise G' değeri G'' değerinden yüksek bulunmuştur. Bu dondurma miks örneklerinde elastik davranış hakim olduğunu göstermektedir.



Şekil 21. Suş 4 ile hazırlanan dondurma mikserlerinin açılmal hıza bağılı olarak G' (kapalı sembol) ve G'' (açık sembol) değerlerindeki değişim

Elde edilen datalara eşitlik 5 ve 6 fit edilerek, dondurma mikserlerine ait eğim (K' , K'') ve kesim noktaları (n' , n'') hesaplanmıştır. Tablo 25'de her bir dondurma miksi için hesaplanan ilgili parametreler belirtilmiştir.

Tablo 25. Suş 4 ile hazırlanan dondurma mikserlerinin K' , n' , K'' , n'' ve 5.38 frekanstaki G' ve G'' değerleri

Örnek	$G' = K'(\omega)^{n'}$			G' f(5.38)	$G'' = K''(\omega)^{n''}$			G'' (Pa) f(5.38)
	K' (Pa)	n'	$R^{2'}$		K'' (Pa)	n''	$R^{2''}$	
R1	0.095	1.007	0.999	3.34	0.6591	0.2820	0.9603	1.94
R2	3.731	0.323	0.992	11.30	3.1957	-0.0284	0.3632	2.77
R3	5.967	0.252	0.992	14.40	3.4143	-0.0457	0.5703	2.74
R4	0.269	0.805	0.997	4.51	1.1092	0.2082	0.9591	2.36
R5	4.450	0.319	0.985	13.20	1.7142	0.3904	0.9803	6.39
R6	5.323	0.319	0.989	15.90	2.2112	0.3465	0.9792	7.30
R7	12.04	0.264	0.979	29.30	3.8344	0.3283	0.9884	11.90
R8	4.045	0.176	0.769	8.71	1.9124	0.2621	0.9338	5.39
R9	56.32	0.179	0.984	104.0	13.4300	0.2485	0.9907	31.90
R10	85.24	0.192	0.961	165.0	27.1449	0.1642	0.9444	47.20

Dondurma örneklerinin 5.38 Hz deki G' değerleri 3.34 Pa ile 165 Pa arasında değişiklik gösterirken, G'' değerleri 1.94 Pa ile 47.2 Pa arasında değişmiştir. Dondurma miks örneklerinin G' değerlerinin G'' değerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. G' değeri için oluşturulan power-law modelinin R^2 değeri 0.7690 ile 0.9992 arasında bulunmuşken, G'' için oluşturulan modellerin R^2 değeri 0.9338 ile 0.9907 arasında bulunmuştur (R2 ve R3 örnekleri hariç). R2 ve R3 örneklerinin G'' değerleri için oluşturulan modellerin R^2 değerleri sırasıyla 0.3632 ve 0.5703 olarak bulunmuştur. Bu düşük R^2 değeri örneklerin G'' değerlerinin açılma hızı arttıkça azaldığından kaynaklanmaktadır. R^2 değerlerinden anlaşılacağı gibi G' ve G'' değerlerinin frekans ile ilişkisi power-law modeli ile başarılı bir şekilde açıklanabilmektedir. Suş 4 (karışım suşu) kullanılarak hazırlanan dondurma mikslerinin K' ve n' değerleri sırasıyla 0.0951 - 85.248 Pa ve 0.1761 - 1.0074 arasında bulunmuştur. K'' ve n'' değerleri için ise hesaplanan değerler sırasıyla 0.6591 - 27.449 Pa ve -0.0457 - 0.3904 arasında değişiklik göstermiştir. Suş 4 kullanılarak hazırlanan dondurma mikslerinin (R1 ve R4 hariç) K' değeri K'' değerinden yüksek bulunmuştur. Dinamik ölçümlerden elde edilen parametrelerin inkübasyon sıcaklığı ve süresine bağlı değişimini gözlemleyebilmek için yanıt yüzey metodu uygulanmıştır. Tablo 26, oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerlerini ve onların anlamlılık düzeyini göstermektedir.

Tablo 26. Suş 4 kullanılarak üretilen dondurmalar için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri

Faktörler	K' (Pa)	n'	G'	K'' (Pa)	n''	G''
Model	Quadratic	Quadratic	Quadratic	Quadrati	Quadrati	Quadrati
x_1 (sıcaklık)	45.44 ^a	10.01 ^b	39.41 ^a	27.20 ^a	1.73	99.18 ^a
x_2 (süre)	34.78 ^a	11.90 ^b	31.27 ^a	26.81 ^a	0.74	43.73 ^a
$x_1 * x_2$	8.91 ^b	6.44 ^b	12.84 ^b	9.42 ^B	-	26.65 ^a
$x_1 * x_1$	10.76 ^b	-	8.17 ^b	11.58 ^b	-	6.92 ^b
$x_2 * x_2$	-	-	-	-	-	-
$x_1^2 * x_2$	-	-	-	-	-	-
$x_1 * x_2^2$	-	-	-	-	-	-
lack of fit	46.24	45923	24.12	16.12	25.17	13.98
R^2	0.9523	0.8253	0.9483	0.9375	0.2614	0.9724
adj- R^2	0.9142	0.7380	0.9069	0.8875	0.0504	0.9504
pred- R^2	0.9723	0.5464	0.6403	0.5593	-0.4709	0.8151
adeq pre	15.81	8.54	15.22	14.27	3.25	19.44

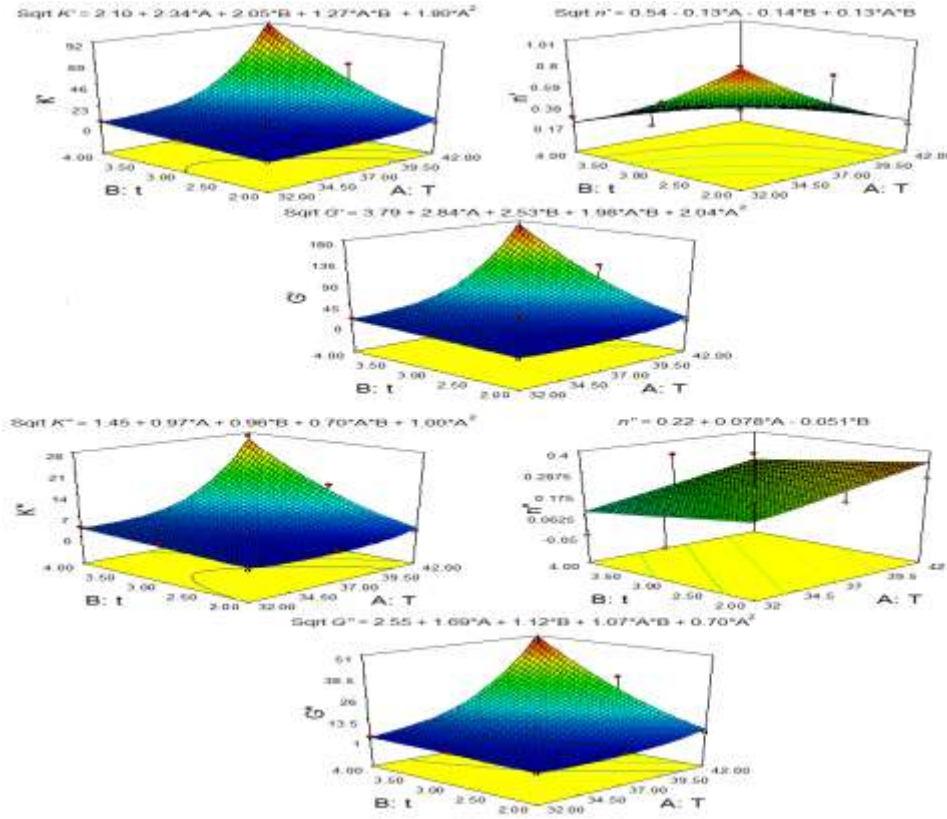
a $p \leq 0.01$

b $p \leq 0.05$

c $p \leq 0.1$

Tablo 26'dan görüldüğü gibi n'' için oluşturulan modelin R^2 değeri oldukça düşük bulunmuştur (0.2614). Bu durum bu parametrenin inkübasyon sıcaklığı ve süresine bağlı olarak modellenemeyeceğini göstermektedir. K' , n' ve G' değerleri için oluşturulan modellere ait R^2 değerleri sırasıyla 0.9523, 0.8253 ve 0.9483 olarak bulunmuştur. Dondurma mikslerinin K' ve

G' parametreleri için linear terimler (x_1 ve x_2), cross terim ($x_1 \cdot x_2$) ve kuadratik terim (x_1^2) etkili bulunmuştur. n' değeri için ise linear terimler (x_1 ve x_2) ve cross terim ($x_1 \cdot x_2$) etkili bulunmuştur. K'' ve G'' parametreleri için oluşturulan modellerin R^2 değerleri ise sırasıyla 0.9375 ve 0.9724 olarak bulunmuştur. Bu iki parametre içinde linear terimler (x_1 ve x_2), cross terim ($x_1 \cdot x_2$) ve sıcaklığın kuadratik terimi (x_1^2) etkili bulunmuştur.. Dinamik reolojik ölçümlerden elde edilen parametrelerin inkübasyon sıcaklığı ve süresine bağlı değişimi Şekil 22'de gösterilmiştir.

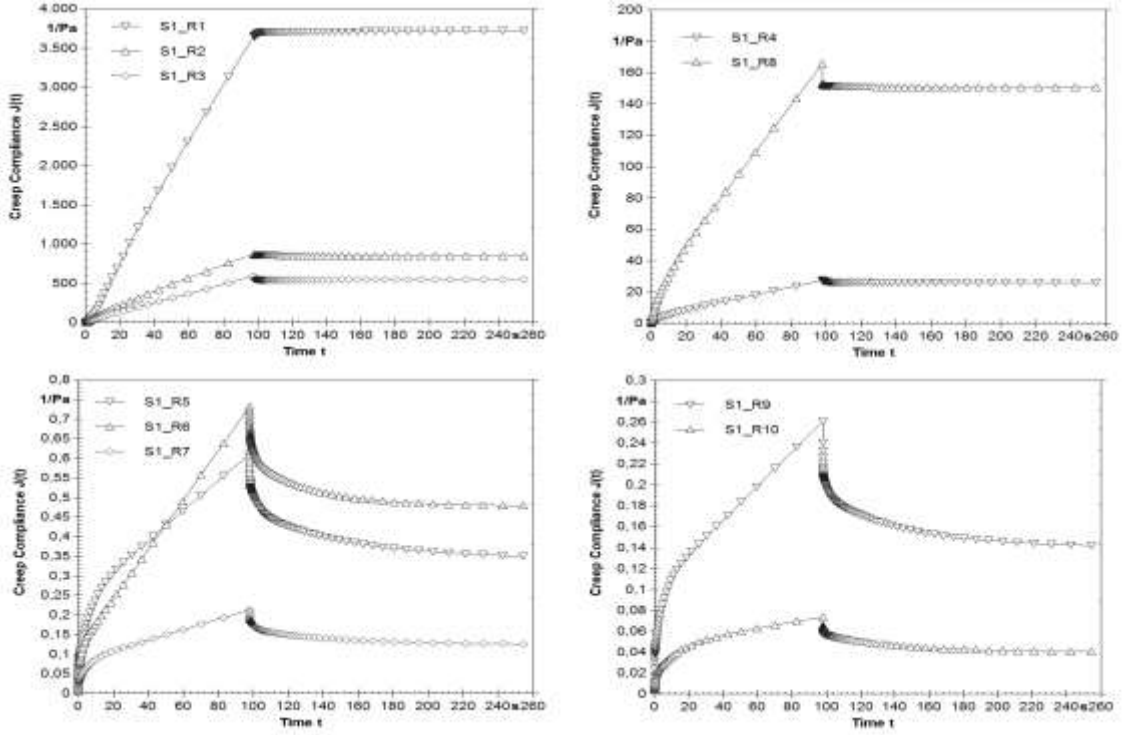


Şekil 22. Suş 4 (karışım suşu) ile üretilen dondurma mikslarına ait dinamik reolojik ölçümlerden elde edilen parametrelerin değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi

Şekil 22'den görüldüğü gibi K' , G' , K'' ve G'' parametrelerinin büyüklüklerinin inkübasyon sıcaklığı ve süresi arttıkça arttığı görülmüştür. Optimizasyon sonucunda ise uygulanması gereken en iyi şartların 42 °C'de 4 saat olduğu belirlenmiştir. Bu şartlar uygulandığında K' , G' , K'' ve G'' değerleri, 91.64Pa, 173.5 Pa, 25.79 Pa ve 50.96 Pa olarak tahmin edilmiştir. Dinamik reolojik parametreler dikkate alındığında karışım suşunun diğer iki EPS üreten suşa göre daha etkili olduğu görülmektedir.

4.1.3.3 Dondurma Mikslerinin Sürünme Toparlanma Reolojik Özellikleri

EPS üreten ve üretmeyen suşlar kullanılarak farklı inkübasyon koşullarında üretilen dondurma mikslerinin viskoelastik özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan diğer bir testte sürünme toparlanma testidir. Suş 1 kullanılarak üretilen dondurma mikslerinin zamana bağlı J (kopmadan uzayabilme) değerleri Şekil 23' te gösterilmiştir.



Şekil 23. Suş 1 ile hazırlanan dondurma mikslerine ait zamana karşı $J(t)$ değerleri

Şekilden de görüldüğü gibi creep fazında (ilk 97.9 saniyelik bölüm) zaman arttıkça örneklerde meydana gelen deformasyon artmaktadır. Daha sonra recovery (geri dönüşüm fazında) yani örnek üzerinde uygulanan 0.1 Pa'lık basınç kaldırdıktan sonra örneklerin kendilerini toparladıkları görülmektedir. İnkübasyon sıcaklığı ve süresinin örneklerde meydana gelen deformasyonu önemli şekilde etkilediği görülmektedir. Tablo 27, dondurma mikslerine ait sürünme toparlanma fazı sonucu elde edilen J_{max} (creep fazındaki maximum deformasyon değeri) ve J_{sonsuz} (recovery fazının sonundaki compliance değeri) değerlerini göstermektedir.



Tablo 27. Suş 1 ile hazırlanan dondurma mikslarına ait J_{max} ve J_{sonsuz} değerleri

Örnekler	J_{max} (1/Pa)	J_{sonsuz} (1/Pa)
R1	2968.67	2864.00
R2	875.33	854.33
R3	566.67	524.67
R4	27.43	25.27
R5	0.64	0.39
R6	0.78	0.46
R7	0.26	0.15
R8	158.33	150.67
R9	0.26	0.15
R10	0.08	0.04

Tablodan da görüldüğü gibi örneklerin J_{max} ve J_{sonsuz} değerleri arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır. Buradan miks üretme aşamasında uygulanan sıcaklık ve sürenin dondurma mikslarının deformasyona karşı gösterdiği direnci önemli şekilde etkilediği görülmektedir. Dondurma mikslarının J_{max} ve J_{sonsuz} değerleri 0.08 - 2968.67 1/Pa ve 0.04 - 2864.00 1/Pa arasında değiştiği görülmektedir. Örneklerin J_{max} değerinin J_{sonsuz} değerinden yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum örneklerin üzerinden uygulanan basınç kaldırıldığında toparlanma gösterdiklerinin kanıtıdır. J_{max} ve J_{sonsuz} değerlerinin inkübasyon sıcaklığı ve süresine bağlı değişimini görebilmek için yanıt yüzey metodu uygulanmış ve model parametrelerine ait F değerleri ve anlamlılık düzeyi Tablo 28'de gösterilmiştir.

Tablo 28. Suş 1 kullanılarak üretilen dondurmalar için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri

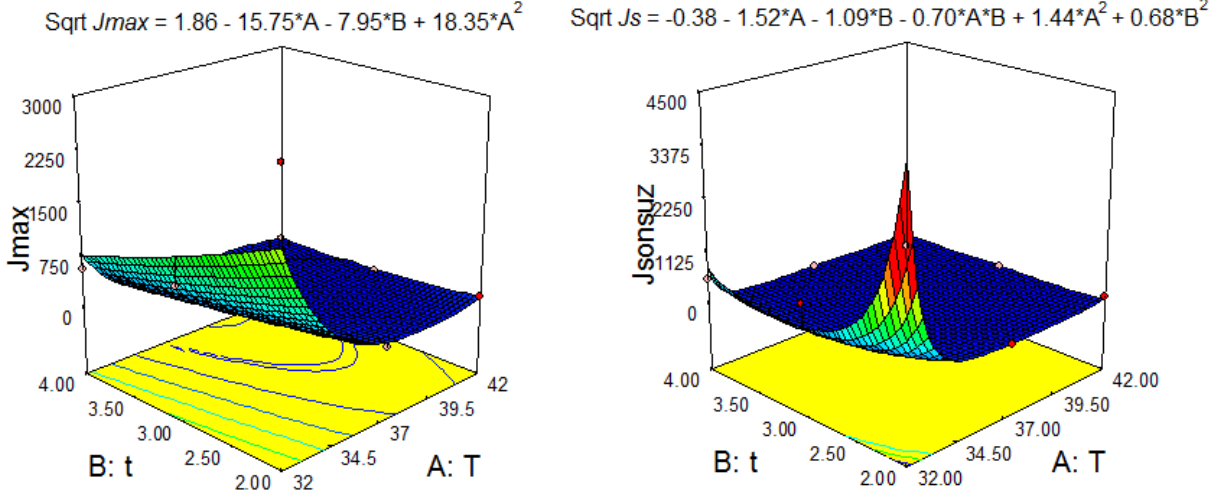
Faktörler	J_{max}	J_{sonsuz}
Model	Quadratic	Quadratic
x_1 (sıcaklık)	33.51 ^a	141.2 ^a
x_2 (süre)	8.54 ^b	71.72 ^a
$x_1 * x_2$	-	20.06 ^b
$x_1^2 * x_1$	18.20 ^a	49.25 ^a
$x_2^2 * x_2$	-	11.05 ^b
$x_1^2 * x_2$	-	-
$x_1 * x_2^2$	-	-
lack of fit	17403	55.61
R^2	0.9094	0.9870
adj- R^2	0.8642	0.9707
pred- R^2	0.6960	0.8564
adeq pre	11.86	21.45

a $p \leq 0.01$

b $p \leq 0.05$

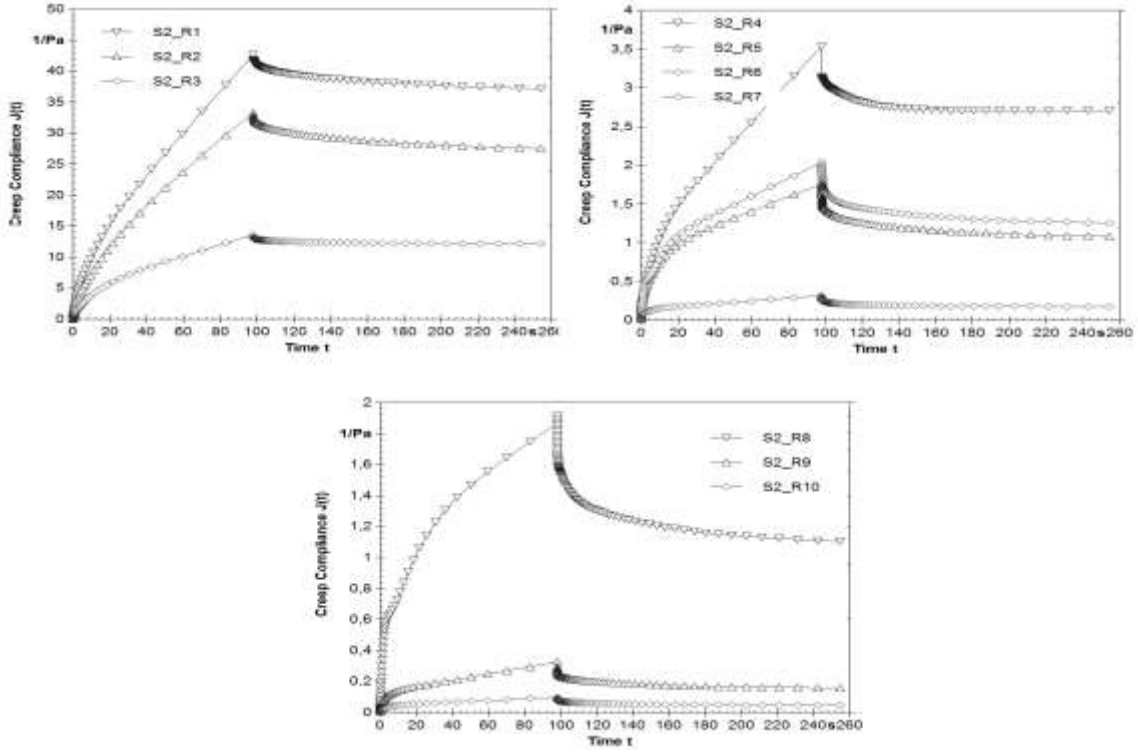
c $p \leq 0.1$

Tablo 28'den görüldüğü gibi J_{max} ve J_{sonsuz} parametreleri için oluşturulan R^2 değerleri 0.9094 ve 0.9870 olarak bulunmuştur. J_{max} parametresi için linear terimler (x_1 ve x_2) ve sıcaklığın kuadratik etkisi önemli bulunmuştur. J_{sonsuz} parametresi için oluşturulan modelde ise linear terimler (x_1 ve x_2), croos terimi (x_1*x_2) ve kuadratik terimler (x_1^2 ve x_2^2) önemli bulunmuştur.



Şekil 24. Suş 1 ile üretilen dondurma mikslarına ait J_{max} ve J_{sonsuz} değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi

Şekilden de görüldüğü gibi inkübasyon sıcaklığı ve süresi arttıkça üretilen EPS miktarının artmasına bağlı olarak örneklerin J_{max} ve J_{sonsuz} değerlerinde azalma görülmektedir. Optimizasyon örneklerin uygulanan kuvvete bağlı deformasyonun en az olacağı noktanın elde edilmesine yönelik yapılmıştır. Başka bir ifadeyle örneklerin deformasyona karşı direncinin en yüksek olduğu noktanın belirlenmesi amaçlanmıştır. Dondurma miksları üretilirken 41.84 °C'de 3.99 saat inkübasyon uygulanması örneklerin deformasyonunu en aza indirgeyeceği belirlenmiştir.



Şekil 25. Suş 2 ile hazırlanan dondurma mikslarına ait zamana karşı $J(t)$ değerleri

Şekil 25'den görüldüğü gibi creep fazında zaman arttıkça örneklerde meydana gelen deformasyon artmaktadır. Recovery fazında ise örneklerin kendilerini toparladıkları görülmektedir. İnkübasyon sıcaklığı ve süresinin örneklerde meydana gelen deformasyonu önemli şekilde etkilediği görülmektedir. Tablo 27, dondurma mikslarına ait sürünme toparlanma fazı sonucu elde edilen J_{max} ve J_{sonsuz} değerlerini göstermektedir.

Tablo 29. Suş 2 ile hazırlanan dondurma mikslarına ait J_{max} ve J_{sonsuz} değerleri

Örnekler	J_{max} (1/Pa)	J_{sonsuz} (1/Pa)
R1	42.600	37.200
R2	20.500	18.000
R3	13.600	12.100
R4	3.530	2.700
R5	1.750	1.080
R6	2.040	1.250
R7	0.315	0.175
R8	1.870	1.100
R9	0.326	0.158
R10	0.099	0.048

Tablo 29'dan da görüldüğü gibi, suş 2 kullanılarak farklı inkübasyon koşullarında hazırlanan dondurma mikslarının J_{max} ve J_{sonsuz} değerleri 0.099 - 42.60 1/Pa ve 0.048 - 37.20 1/Pa arasında değiştiği görülmektedir. Suş 1 ilşe hazırlanan dondurma mikslarında görüldüğü gibi J_{max} değeri bu dondurma miks örneklerinde de J_{sonsuz} değerinden yüksek bulunmuştur. Bu

sonuçtan dondurma mikslerinin üzerlerinde uygulanan basınç kalktıktan sonra bir miktar kendilerini toparladıklarını göstermektedir. Suş 2 kullanılarak hazırlanan dondurma mikslerinin suş 1 ile hazırlanan örneklere göre deformasyona daha dirençli olduğu görülmektedir. J_{max} ve J_{sonsuz} değerlerinin inkübasyon sıcaklığı ve süresine bağlı değişimini görebilmek için yanıt yüzey metodu uygulanmış ve model parametrelerine ait F değerleri ve anlamlılık düzeyi Tablo 30' da gösterilmiştir.

Tablo 30. Suş 2 kullanılarak üretilen dondurmalar için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri

Faktörler	J_{max}	J_{sonsuz}
Model	Quadratic	Quadratic
x_1 (sıcaklık)	300 ^a	379 ^a
x_2 (süre)	52.12 ^b	56.07 ^a
$x_1 * x_2$	9.18 ^b	12.32 ^b
$x_1 * x_1$	65.12 ^a	85.98 ^a
$x_2 * x_2$	-	-
$x_1^2 * x_2$	-	-
$x_1 * x_2^2$	-	-
<i>lack of fit</i>	19.28	25.92
R^2	0.9884	0.9907
<i>adj-R²</i>	0.9791	0.9833
<i>pred-R²</i>	0.9227	0.9362
<i>adeq pre</i>	28.32	31.12

a $p \leq 0.01$

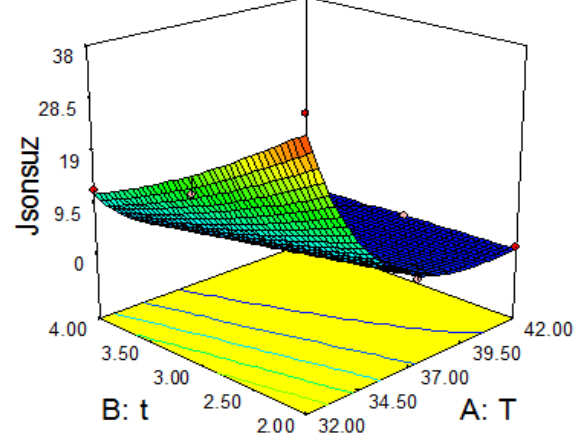
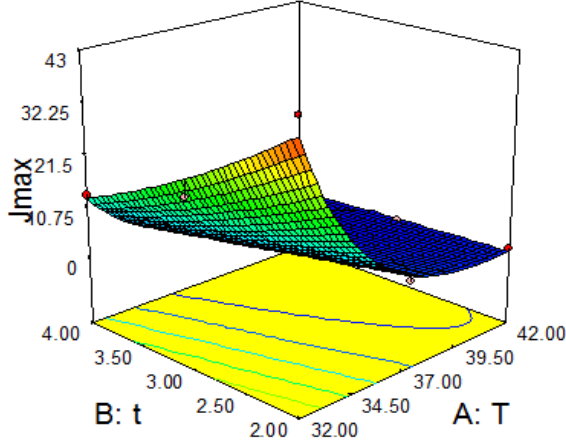
b $p \leq 0.05$

c $p \leq 0.1$

Tablo 30' dan görüldüğü gibi J_{max} ve J_{sonsuz} parametreleri için oluşturulan R^2 değerleri 0.9884 ve 0.9907 olarak bulunmuştur. R^2 değerlerinin 1'e oldukça yakın olması, bu parametrelerin inkübasyon sıcaklığı ve süresine bağlı olarak başarılı şekilde tahmin edilebileceğini göstermektedir. J_{max} ve J_{sonsuz} parametreleri için oluşturulan model linear terimler (x_1 ve x_2), cross terimi ($x_1 * x_2$) ve kuadratik terimler (x_1^2 ve x_2^2) önemli bulunmuştur. J_{max} ve J_{sonsuz} değerlerinin inkübasyon sıcaklığı ve süresine bağlı değişimi Şekil 26'da gösterilmiştir.

$$\text{Sqrt } J_{\max} = 1.3 - 2.1*A - 0.9*B + 0.5*A*B + 1.5*A^2$$

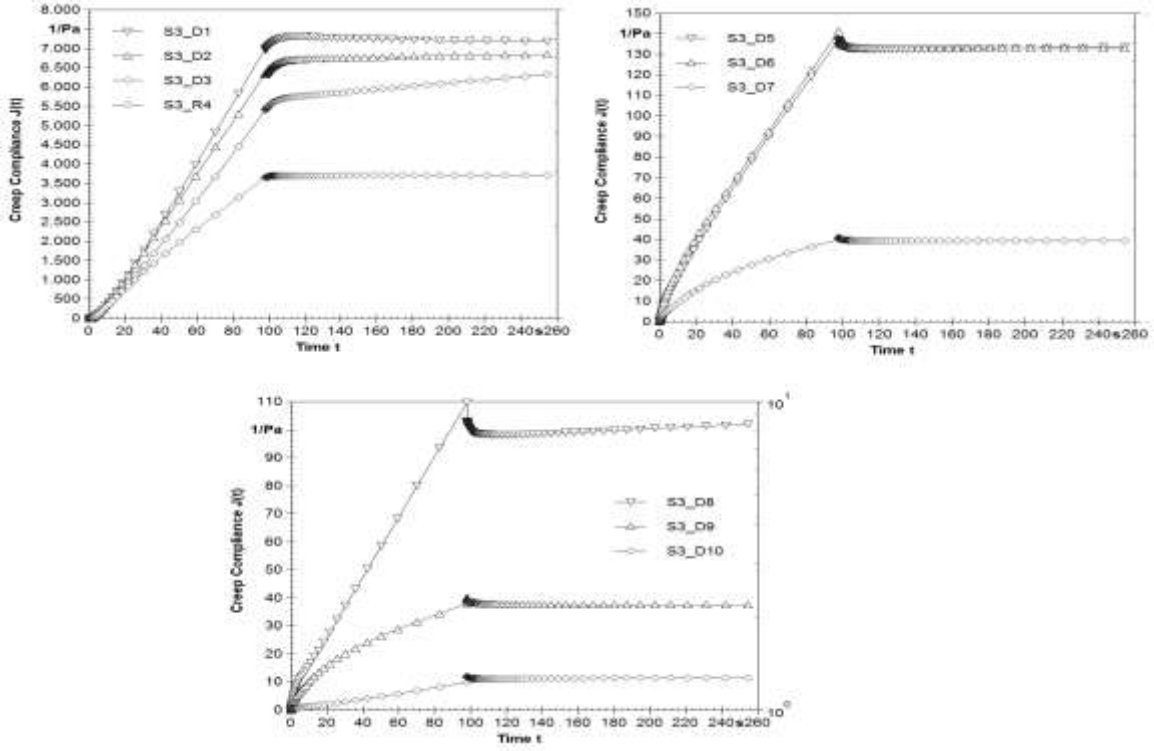
$$\text{Sqrt } J_{\text{sonsuz}} = 1.1 - 2.0*A - 0.8*B + 0.5*A*B + 1.5*A^2$$



Şekil 26. Suş 2 ile üretilen dondurma mikslarına ait J_{\max} ve J_{sonsuz} değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi

Şekilden de görüldüğü gibi inkübasyon sıcaklığı ve süresi arttıkça örneklerin J_{\max} ve J_{sonsuz} değerlerinde azalma görülmektedir. Bu sonuç inkübasyon sıcaklığı ve süresi arttıkça üretilen EPS miktarındaki artışla açıklanabilir. Dondurma mikslarının sürünme toparlanma özellikleri dikkate alındığında en uygun inkübasyon şartları 42 °C'de 4 saat olarak belirlenmiştir.

EPS'nin dondurma mikslarının reolojik özellikleri üzerine etkisini gözlemleyebilmek için EPS üreten suşlar ile üretmeyen suşlar birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Suş 3 (kontrol suşu, EPS üretmeyen suş) kullanılarak hazırlanan dondurma mikslarına ait zaman karşılık J değerleri Şekil 27'de gösterilmiştir.



Şekil 27. Suş 3 ile hazırlanan dondurma mikslarına ait zamana karşı $J(t)$ değerleri

Şekil 27'den görüldüğü gibi creep fazında zaman arttıkça dondurma miks örneklerinde meydana gelen deformasyonda arttığı görülmektedir. Grafik incelendiğinde kontrol suşu ile farklı inkübasyon koşullarında üretilen dondurma miks örneklerinden R1, R2, R3 ve R4 örneklerinin recovery fazında herhangi bir toparlanma gözlenmemektedir. Zaman arttıkça örneklerin deformasyonu ya sabit kalmakta ya da artış göstermektedir. Bu durum creep fazında örneklere uygulanan kuvvetin örneklerin yapısını toparlanma yapamayacak şekilde bozduğunu göstermektedir. Diğer örneklerin ise (R5, R6, R7, R8, R9 ve R10) recovery fazında kendilerini toparladıkları görülmektedir. İnkübasyon sıcaklığı ve süresinin örneklerde meydana gelen deformasyonu önemli şekilde etkilediği görülmektedir. Dondurma mikslarına J_{max} ve J_{sonsuz} değerleri, Tablo 31'de gösterilmektedir.

Tablo 31. Suş 3 (kontrol) ile hazırlanan dondurma mikslarına ait J_{max} ve J_{sonsuz} değerleri

Örnekler	J_{max} (1/Pa)	J_{sonsuz} (1/Pa)
R1	6990.00	7180.00
R2	6350.00	6840.00
R3	5400.00	6320.00
R4	3140.00	3065.00
R5	137.00	134.00
R6	141.00	133.00
R7	40.80	39.40
R8	110.00	102.00



R9	38.00	37.60
R10	9.94	11.50

Suş 3 kullanılarak farklı inkübasyon koşullarında hazırlanan dondurma mikserlerinin J_{max} ve J_{sonsuz} değerleri 9.94 - 6990.00 1/Pa ve 11.50 - 7180.00 1/Pa arasında değiştiği görülmektedir (Tablo 31). Suş 3 ile hazırlanan dondurma mikserlerinde R1, R2 ve R3 örneklerinin J_{sonsuz} değeri J_{max} değerinden daha yüksek bulunmuştur. Bu durum bu örneklerde uygulanan kuvvet kaldırıldığında da deformasyonun devam ettiğini göstermektedir. Diğer örneklerin ise J_{max} değeri J_{sonsuz} değerinden daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuç, bu dondurma miks örneklerinin üzerlerinde uygulanan basınç kalktıktan sonra bir miktar kendilerini topladıklarını göstermektedir. Dondurma miks örneklerinin J_{max} ve J_{sonsuz} değerlerinin inkübasyon sıcaklığı ve süresine bağlı değişimini görebilmek için yanıt yüzey metodu uygulanmış ve model parametrelerine ait F değerleri ve anlamlılık düzeyi Tablo 32'de gösterilmiştir.

Tablo 32. Suş 3 (kontrol suşu) kullanılarak üretilen dondurmalar için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri

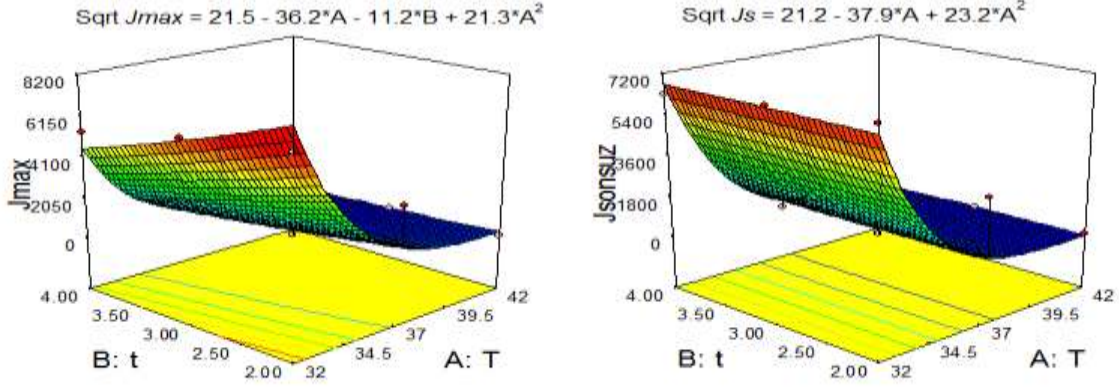
Faktörler	J_{max}	J_{sonsuz}
Model	Quadratic	Quadratic
x_1 (sıcaklık)	50.16 ^a	37.38 ^a
x_2 (süre)	4.80 ^c	-
$x_1 * x_2$	-	-
x_1^2	6.94 ^b	5.63 ^b
x_2^2	-	-
$x_1^2 * x_2$	-	-
$x_1 * x_2^2$	-	-
lack of fit	13044	21870
R^2	0.9116	0.8600
adj- R^2	0.8675	0.8200
pred- R^2	0.7422	0.7497
adeq pre	11.97	9.12

a $p \leq 0.01$

b $p \leq 0.05$

c $p \leq 0.1$

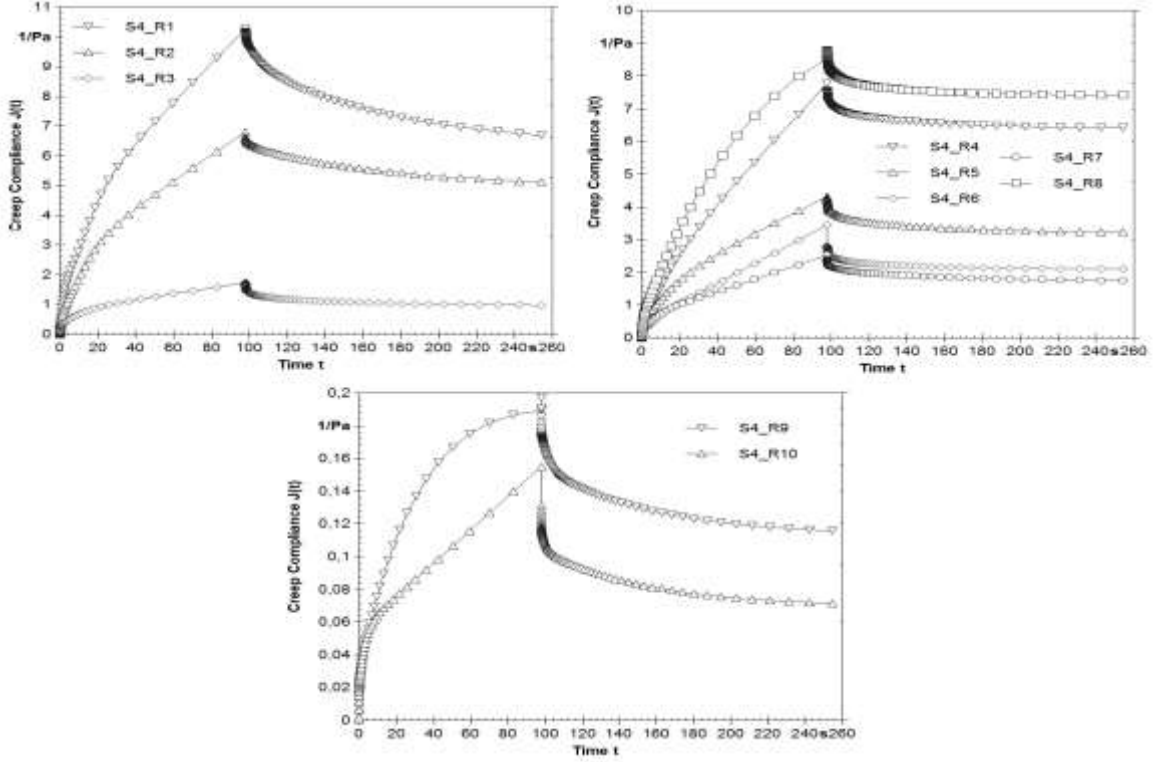
Tablo 32'den de görüldüğü gibi J_{max} ve J_{sonsuz} parametreleri için oluşturulan R^2 değerleri sırasıyla 0.9116 ve 0.8600 olarak bulunmuştur. Oluşturulan modellerde J_{max} parametresi için linear terimler (x_1 ve x_2) ve sıcaklığın kuadratik etkisi (x_1^2) önemli bulunmuş iken, J_{sonsuz} parametresi için sıcaklık ve sıcaklığın kuadratik etkisi önemli bulunmuştur. J_{max} ve J_{sonsuz} değerlerinin inkübasyon sıcaklığı ve süresine bağlı değişimi Şekil 28'de gösterilmiştir.



Şekil 28. Suş 3 ile üretilen dondurma mikslarına ait J_{max} ve J_{sonsuz} değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi

Şekilden ve şekillerin üzerinde bulunan formülâslardan anlaşılacağı gibi inkübasyon sıcaklığı ve süresi arttıkça örneklerin J_{max} ve J_{sonsuz} değerlerinde azalma görülmektedir. Dondurma mikslarının sürünme toparlanma özellikleri dikkate alındığında en uygun inkübasyon şartları 42 °C'de 4 saat olarak belirlenmiştir. Suş 1 ve suş 2 kullanılarak hazırlanan dondurma miksları ile suş 3 (eps üretmeyen kontrol suşu) karşılaştırıldığında, EPS üreten suşlar kullanılarak hazırlanan dondurma mikslarının deformasyona karşı daha dirençli olduğu, daha kuvvetli bir yapıya sahip olduğu görülmektedir.

EPS üreten 2 ayrı suş ve üretmeyen suş kullanılarak farklı koşullarda üretilen dondurma mikslarından sonra iki EPS üreten suş karıştırılarak (suş 4) dondurma üretimi gerçekleştirilmiştir. Suş 4 kullanılarak üretilen dondurma mikslarına ait J değerinin zamana bağlı değişimi Şekil 29' da gösterilmiştir.



Şekil 29. Suş 4 ile hazırlanan dondurma mikslarına ait zamana karşı $J(t)$ değerleri

Şekil 29'dan görüldüğü gibi creep fazında zaman arttıkça dondurma miks örneklerinde meydana gelen deformasyonda artmaktadır. İnkübasyon sıcaklığı ve süresinin örneklerde meydana gelen deformasyonu önemli şekilde etkilediği görülmektedir. Dondurma mikslarına J_{max} ve J_{sonsuz} değerleri, Tablo 33'de gösterilmektedir.

Tablo 33. Suş 4 ile hazırlanan dondurma mikslarına ait J_{max} ve J_{sonsuz} değerleri

Örnekler	J_{max} (1/Pa)	J_{sonsuz} (1/Pa)
R1	10.00	6.69
R2	7.00	5.00
R3	2.00	0.98
R4	7.76	6.42
R5	4.32	3.23
R6	3.45	2.10
R7	1.90	1.16
R8	8.55	7.42
R9	0.19	0.12
R10	0.16	0.07

Tablo 33'de görüldüğü gibi suş 4 kullanılarak farklı inkübasyon koşullarında hazırlanan dondurma mikslarının J_{max} ve J_{sonsuz} değerleri 0.16 - 10.00 1/Pa ve 0.07 - 6.69 1/Pa arasında değiştiği görülmektedir. Karışım suşu kullanılarak üretilen dondurma mikslarının J_{max} değeri J_{sonsuz} değerinden daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuç, dondurma miks örneklerinin

üzerlerinde uygulanan basınç kalktıktan sonra bir miktar kendilerini toparlayabildiklerini göstermektedir. Dondurma miks örneklerinin J_{max} ve J_{sonsuz} değerlerinin inkübasyon sıcaklığı ve süresine bağlı değişimini görebilmek için yanıt yüzey metodu uygulanmış ve model parametrelerine ait F değerleri ve anlamlılık düzeyi Tablo 34'de gösterilmiştir.

Tablo 34. Suş 4 kullanılarak üretilen dondurmalar için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri

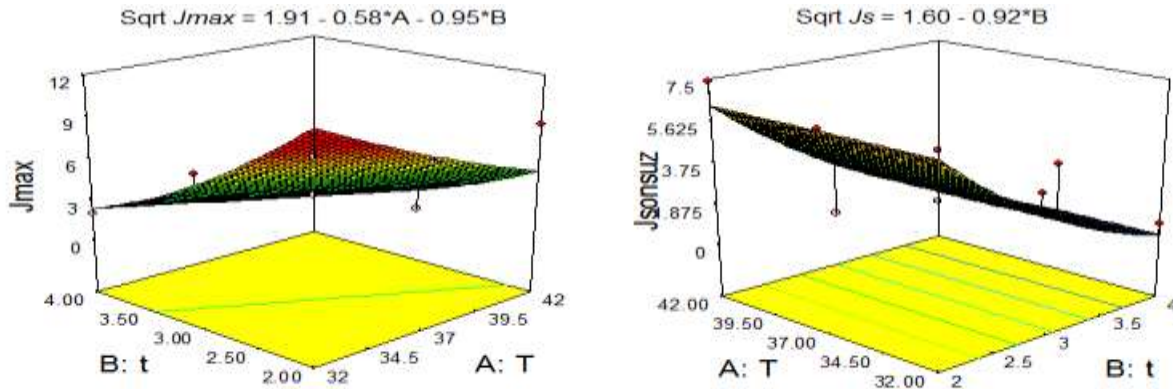
Faktörler	J_{max}	J_{sonsuz}
Model	Quadratic	Quadratic
x_1 (sıcaklık)	9.10 ^b	16.06 ^a
x_2 (süre)	24.44 ^a	-
$x_1 * x_2$	-	-
$x_1 * x_1$	-	-
$x_2 * x_2$	-	-
$x_1^2 * x_2$	-	-
$x_1 * x_2^2$	-	-
lack of fit	10.36	5.80
R^2	0.8273	0.6675
adj- R^2	0.7780	0.6259
pred- R^2	0.6098	0.5508
adeq pre	11.87	7.32

a $p \leq 0.01$

b $p \leq 0.05$

c $p \leq 0.1$

Tablo 34'den de görüldüğü gibi J_{max} ve J_{sonsuz} parametreleri için oluşturulan R^2 değerleri sırasıyla 0.8273 ve 0.6675 olarak bulunmuştur. Oluşturulan modellerde J_{max} parametresi için linear terimler (x_1 ve x_2) ve J_{sonsuz} parametresi için ise sadece linear sıcaklığın (x_1) etkisi önemli bulunmuştur. J_{max} ve J_{sonsuz} değerlerinin inkübasyon sıcaklığı ve süresine bağlı değişimi Şekil 30'da gösterilmiştir.



Şekil 30. Suş 4 ile üretilen dondurma mikslarına ait J_{max} ve J_{sonsuz} değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi



Şekilden de anlaşılacağı gibi inkübasyon sıcaklığı ve süresi arttıkça dondurma mikslерinin J_{max} ve J_{sonsuz} değerlerinde azalma görölmektedir. Dondurma mikslерinin sürünme toparlanma özellikleri dikkate alındığında en uygun inkübasyon şartları 42 °C'de 4 saat olarak belirlenmiştir.

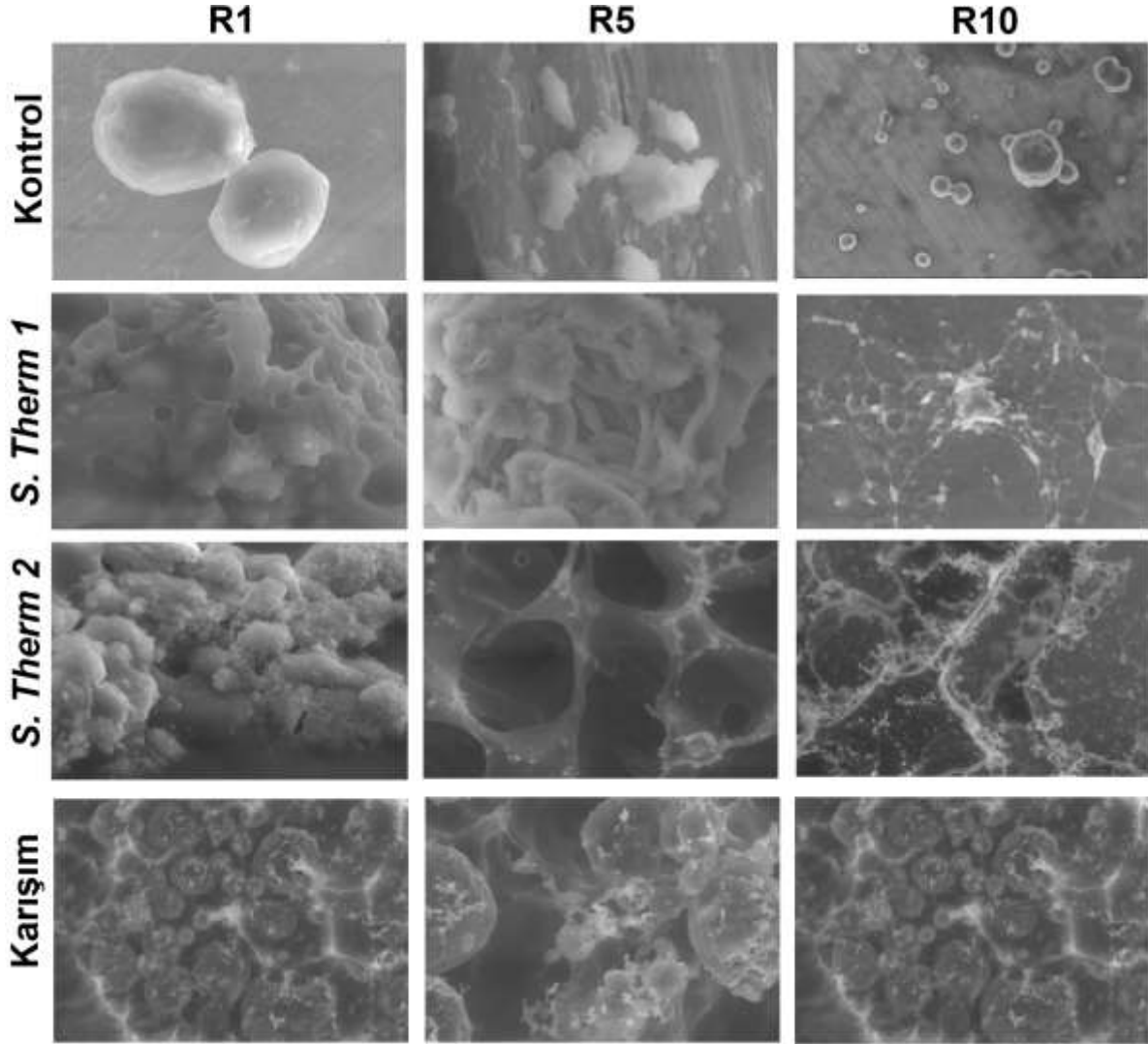
Probiyotik bakterilerin dondurmada kullanıldığı bir çalışmada ağırlıkça %15, 18 ve 21 oranlarında şeker ilavesi yapılarak dondurmanın viskozite değerlerinin nasıl etkilendiği araştırılmıştır. Şeker ve inülin ilavesinin konsantrasyonu arttıkça probiyotik bakteri ile inoküle edilmiş olan dondurmalarda daha etkili olduğu rapor edilmiştir (Akin vd 2007). Ruas Madiedo'nun 2005 yılında yaptığı bir çalışmaya göre eps üreten laktik asit bakterilerinin fermente süt ürünlerinde biyokalinlaştırıcı olarak görev aldığını ve böylece viskozite artırdığını, ürünün kıvamını sıkılaştırdığını rapor etmiştir (Ruas-Madiedo ve de los Reyes-Gavilan, 2005) Yine eps'nin viskozite artırıcı, ürünün yapısını kuvvetlendirici ve kıvamlaştırıcı etkilerinin olduğu başka çalışmalarda da belirtilmiştir (Rawson ve Marshall, 1997, Laws ve Marshall 2001; Tuinier vd., 2001, Ruas-Madiedo vd., 2002) Viskoelastik ve yapısal özellikler bir dondurmanın kalitesinin kabul edilebilirliğinde en önemli, faktörlerdendir. Dondurmanın mikroyapısal özellikleri serum viskoelastisitesi, emülsiyon özellikleri, inkübasyon koşulları ve kimyasal bileşimi direk veya direk olmayarak dondurmanın en önemli kabul kriterlerinden olan reolojik ve tekstürel yapısını etkilerler (Goff 1997, Faydi vd., 2001, Regand ve Goff 2003, Muse ve Hartel 2004) Tablolarda belirtilen kıvam katsayısı kesme hızı ve kayma basıncının değişkenliğine bağlıdır (Karaca vd., 2009).Dondurmada yapılan bir çok çalışma da dondurmanın reolojik özellikleri sonucu dondurmanın kayma ile incelen kayma ile özdeşleşen bir yapı olduğu rapor edilmiştir (Aime vd., 2001, González-Tomás vd., 2008, Soukoulis vd., 2008). Yine başka bir çalışmada dondurmada kesme hızının artmasıyla viskozitenin azaldığı belirtilmiştir(Braun ve Rosen, 2000). Dondurma da sıcaklığa bağlı yatışkan, dinamik ve süpürme toparlanması reolojik analizlerinin yapıldığı bir başka çalışmada farklı sıcaklıklarda dondurmanın bu özelliklerine bakılmıştır ve sıcaklığın dondurmanın yapısını önemli derecede etkilediği belirlenmiştir (Yılmaz vd., 2013). Başka bir çalışma ise bu viskozitedeki düşüşün yağ globüllerinin agregasyonu nedeni ile olduğu belirtilmiştir. (Nazaruddin vd., 2008). Burada epsnin önemi ortaya çıkmaktadır. Daha öncede bahsedildiği üzere laktik asit bakterileri tarafından üretilen mikrobiyal eps yağ globülleri arasında yer alarak ürün kompozisyonunda bulunan yağ globüllerinin homojenizasyonunu sağlayarak biyokalinlaştırıcı özelliğiyle ön plana çıkmaktadır. Ve böylece viskoziteyi kayma basıncına karşı daha çok korumaktadır. Bir başka çalışmada ise depolama sıcaklığının dondurmanın viskoelastik ve duyusal kalitesine etkisi çalışılmıştır. Ve sıcaklığın dondurmanın yapısında önemli etkileri olduğu reolojik çalışmalarda tespit edilmiştir. Sıcaklık arttıkça depolama modülü olan G' değerinin daha da arttığını yani yoğunlaşmanın arttığını ve dondurmanın tekstürel özelliklerinin önemli derecede



etkilendiğini belirtmişlerdir (Tsevdou vd., 2014). Şöyleki reolojik ölçümler sonucu elde edilen datalarla yapılan kinematik modellemeler yapılan bu çalışma ile dondurmanın tekstürel yapısı hakkında önemli sonuçlar verdiğini göstermiştir. Bir başka çalışmada dondurmada mikrobiyal transglutaminaz aktivitesinin optimizasyonu çalışılmış ve yüzey yanıt yöntemi kullanılmıştır ve sonuç olarak transglutaminaz aktivitesinin artmasıyla birlikte kıvam katsayısının arttığı kayma ile incelen (pseudoplastic) yapı gözlemlenmiştir (Roosa vd., 2011). Yine mikrobiyal transglutaminaz ve belirli miktarda yağ eklenen dondurma örneklerinin reolojik özelliğinin çalışıldığı bir araştırmada akış davranış indeksi ve kıvam katsayısı değerlerinin en iyi üslü yasa modeline göre fit edildiğini belirtmişlerdir ve dondurmanın pseudoplastik akış davranış gösterdiğini rapor etmişlerdir (Nuernberg Rossa vd., 2012). Rhizobium radiobacter S10 tarafından üretilen EPS'nin farklı konsantrasyonlardaki solüsyonu hazırlanarak bu solüsyonların reolojik özelliklerine bakılmıştır. EPS konsantrasyonu yüksek olan solüsyonlarda viskozitenin daha yüksek olduğu buna bağlı kıvam katsayısının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. EPS solüsyonların 0.01 s^{-1} to 1000 s^{-1} kesme hızı aralığında shear thining davranış özelliği gösterdiği belirtilmiştir. Oda koşullarındaki kesme hızı arttıkça viskozitenin azaldığını belirtmişlerdir. Ayrıca yine bu çalışmada dinamik özelliklerde belirlenmiş. Düşük konsantrasyona sahip EPS solüsyonlarında viskoz modülün (G'') daha yüksek olduğu belirlenmişken, yüksek konsantrasyonlardaki eps solüsyonunun ise elastik modülünün (G') daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Zhou vd., 2014). Bu durum ürünlerde kullanılacak olan EPS'nin reolojik özelliğinin bilinmesinin ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Çünkü viskozite artırması için kullanılan EPS'nin beklenen verimi göstermesi için istenilen sıcaklığın yanında miktarda çok önemlidir.

4.1.5 Dondurma Örneklerinin Mikroyapısal Özellikleri

Farklı inkübasyon sıcaklık ve süreleri uygulanan ve farklı suşlar kullanılarak üretilen dondurma örneklerinin mikroyapısal özellikleri de SEM cihazı ile belirlenmiştir. EPS üretmeyen kontrol suşu, EPS üreten suşlar ve bu suşların karışımı kullanılarak üretilen dondurma örneklerinin mikroyapısal özellikleri Şekil 31'de gösterilmiştir. Herbir suş örneği kullanılarak üretilen dondurma örneklerine ait deneme diazında bulunan 1., 5. ve 10. örneklere ait SEM görüntüleri şekilde gösterilmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi ayran örneklerine benzer olarak dondurma örneklerinin de mikroyapısal görüntüsünde kontrol örneklerinin hiçbirisinde ağsı ve ipliksi bir yapı gözlemlenmediği gibi EPS üreten suşlar kullanılarak üretilen örneklerin görüntüsünde bu tarz yapılar belirgin olarak gözlemlenmiştir.



Şekil 31. Dondurma örneklerinin mikroyapısal görüntüleri

Şekilden de görüldüğü gibi EPS üreten suşlar kullanılarak üretilen dondurma örneklerin yapısının (D1-R10), kontrol örneklerine (D3-R5) (EPS üremeyen suşlar kullanılarak üretilen örnekler) göre daha sıkı bir yapıda olduğu ve bu örneklerde de ayran örneklerine benzer olarak ağsı ve ipliksi yapıların bulunduğu gözlenmektedir. EPS üreten örneklerin daha sıkı bir yapıda olması, EPS'nin ortamdaki suyu tutması ile açıklanabilir.

4.2 Ayran Örneklerinin Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri

Ayran örnekleri farklı inkübasyon sıcaklıkları ve inkübasyon sürelerinde farklı suşlar ile inkübe edilerek üretilmişlerdir. Kontrol; kontrol suşu (EPS üretmeyen ayran suşu), 1. Suş; EPS üreten ayran suşu, 2. Suş; EPS üreten diğer ayran suşu, ve 4. Suş; 1.suş ve 2.suşun karışımından oluşmaktadır.

4.2.1 Ayran Üretiminde Kullanılan Kültürlerin Mikrobiyolojik Özellikleri

Tablo 35. Dondurma formülasyonu bileşenlerinin bazı özellikleri

	M17(log/mL)	MRS(log/mL)
Kültür (Kontrol)	8.19 ± 0.13	6.50 ± 0.01
Kültür (EPS 1)	7.76 ± 0.01	5.50 ± 0.05
Kültür (EPS 2)	8.73 ± 0.25	6.42 ± 0.01

Ayran örneklerinin formülasyonunda kullanılan sütün özellikleri Tablo 6 'da verilmiştir. Ayranın yapımında kullanılan kültürlerin özellikleri ise Tablo 35'ten görüldüğü üzere, M17 agarda bakılan kültürlerin değerleri 7.76 ile 8.73 arasında iken MRS agarda bakılan kültürlerin değerleri 5.50 ile 6.50 kob/ml arasındadır.

4.2.2 Ayran Örneklerinin Fizikokimyasal, Mikroyapısal, Mikrobiyolojik ve Duyusal Özellikleri

Ayran örnekleri belirlenen inkübasyon sıcaklık ve sürelerinde hazırlandıktan sonra fizikokimyasal özelliklerine ve mikrobiyolojik değerlerine M17 ve MRS agarda bakılmıştır ve Tablo 36'da bu değerler sunulmuştur.

Tablo 36. Ayran örneklerinin pH, kurumadde, yağ, protein, titrasyon asitliği ve mikrobiyolojik değerleri

Örnekler	Kontrol	1.suş	2.suş	Karışım	Kontrol	1.suş	2.suş	Karışım
	pH				Kurumadde(%)			
R1	4.38 ^{Db}	4.58 ^{Ca}	4.75 ^{Ba}	4.78 ^{Aa}	6.77 ^{Ab}	6.83 ^{Aab}	6.87 ^{Aab}	6.76 ^{Aa}
R2	4.27 ^{Dc}	4.46 ^{Cd}	4.47 ^{Bb}	4.53 ^{Ad}	6.61 ^{Ac}	6.83 ^{Aab}	6.77 ^{Aab}	6.61 ^{Abcd}
R3	4.16 ^{Dg}	4.34 ^{Ch}	4.38 ^{Bf}	4.41 ^{Af}	6.64 ^{Abc}	6.78 ^{Aab}	6.76 ^{Aab}	6.69 ^{Aabc}
R4	4.53 ^{Aa}	4.54 ^{Ab}	4.45 ^{Bc}	4.44 ^{Be}	6.55 ^{Acde}	6.92 ^{Aab}	6.77 ^{Aab}	6.63 ^{Abcd}
R5	4.18 ^{De}	4.38 ^{Bf}	4.41 ^{Ade}	4.24 ^{Ch}	6.48 ^{Bde}	6.81 ^{ABab}	6.94 ^{Aa}	6.59 ^{ABcde}
R6	4.24 ^{Dd}	4.37 ^{Bg}	4.40 ^{Aef}	4.26 ^{Cg}	6.47 ^{Cde}	6.98 ^{Aa}	6.83 ^{ABab}	6.65 ^{BCabcd}
R7	4.05 ^{Dh}	4.28 ^{Bi}	4.34 ^{Ag}	4.08 ^{Ci}	6.50 ^{Bcde}	6.98 ^{Aa}	6.97 ^{Aa}	6.55 ^{Bde}
R8	4.17 ^{Df}	4.52 ^{Bc}	4.42 ^{Cd}	4.65 ^{Ab}	6.97 ^{Aa}	6.93 ^{Aa}	6.90 ^{Aab}	6.72 ^{Aab}
R9	4.02 ^{Di}	4.39 ^{Be}	4.26 ^{Ch}	4.54 ^{Ac}	6.42 ^{Be}	6.81 ^{Aab}	6.62 ^{ABb}	6.47 ^{Be}
R10	3.94 ^{Dj}	4.28 ^{Bj}	4.21 ^{Ci}	4.43 ^{Ae}	6.50 ^{Bcde}	6.69 ^{Ab}	6.73 ^{Aab}	6.68 ^{Aabc}



	<i>Yağ(%)</i>				<i>Protein(%)</i>			
R1	2.00 ^{Aa}	1.90 ^{Aa}	1.95 ^{Aab}	2.00 ^{Aa}	1.89 ^{Abc}	1.82 ^{Bb}	1.87 ^{ABc}	1.90 ^{Abc}
R2	1.90 ^{Aabc}	1.90 ^{Aa}	1.80 ^{Ac}	1.85 ^{Aab}	1.86 ^{BCcd}	1.76 ^{Cb}	1.96 ^{ABab}	2.07 ^{Aa}
R3	2.00 ^{Aa}	1.90 ^{Aa}	1.85 ^{Abc}	1.90 ^{Aab}	1.85 ^{Accd}	1.91 ^{Aa}	1.90 ^{Ac}	1.85 ^{Ac}
R4	1.95 ^{Aab}	1.80 ^{Ba}	2.00 ^{Aa}	1.80 ^{Bb}	1.84 ^{Bd}	1.65 ^{Cc}	1.92 ^{ABbc}	2.01 ^{Aab}
R5	1.80 ^{Babc}	2.00 ^{Aa}	1.90 ^{ABabc}	1.80 ^{Bb}	1.85 ^{Cd}	1.93 ^{BCa}	1.98 ^{ABa}	2.05 ^{Aa}
R6	1.85 ^{Aabc}	1.90 ^{Aa}	1.95 ^{Aab}	1.85 ^{Aab}	1.85 ^{Bcd}	1.75 ^{Cb}	1.92 ^{Abc}	1.93 ^{Abc}
R7	1.80 ^{Aabc}	1.90 ^{Aa}	1.85 ^{Abc}	1.95 ^{Aab}	1.86 ^{Ccd}	1.94 ^{Ba}	1.87 ^{Cc}	2.07 ^{Aa}
R8	1.80 ^{Aabc}	1.80 ^{Aa}	1.80 ^{Ac}	1.85 ^{Aab}	1.91 ^{Ab}	1.75 ^{Bb}	1.90 ^{Ac}	1.91 ^{Abc}
R9	1.75 ^{Abc}	1.90 ^{Aa}	1.95 ^{Aab}	1.90 ^{Aab}	1.95 ^{Aa}	1.73 ^{Bbc}	1.89 ^{Ac}	1.92 ^{Abc}
R10	1.70 ^{Bc}	1.95 ^{Aa}	2.00 ^{Aa}	1.80 ^{ABb}	1.97 ^{Aa}	1.76 ^{Cb}	1.89 ^{Bc}	1.98 ^{Aab}

	<i>Titrasyon asitliği (%)</i>				<i>MRS(log/ml)</i>			
R1	0.58 ^{Ag}	0.49 ^{Bh}	0.41 ^{Cg}	0.41 ^{Ch}	5.238 ^{Bc}	4.086 ^{Cf}	5.538 ^{Ad}	5.427 ^{ABb}
R2	0.71 ^{Af}	0.51 ^{Cg}	0.52 ^{Cf}	0.55 ^{Be}	5.359 ^{Bbc}	4.255 ^{Ce}	5.821 ^{Accd}	5.412 ^{Bb}
R3	0.84 ^{Ae}	0.56 ^{Bf}	0.54 ^{Ce}	0.57 ^{Bd}	5.467 ^{Bbc}	4.500 ^{Cc}	6.023 ^{Aabc}	5.382 ^{Bb}
R4	0.61 ^{Aef}	0.58 ^{Be}	0.53 ^{Cef}	0.53 ^{Cf}	5.289 ^{Bc}	4.488 ^{Cc}	5.700 ^{Accd}	5.419 ^{Bb}
R5	0.82 ^{Ad}	0.64 ^{Cc}	0.56 ^{Dd}	0.75 ^{Bb}	5.482 ^{Bbc}	4.408 ^{Cd}	5.927 ^{Abc}	5.577 ^{Ba}
R6	0.83 ^{Ad}	0.64 ^{Cc}	0.57 ^{Dd}	0.74 ^{Bb}	5.440 ^{Bbc}	4.387 ^{Cd}	6.225 ^{Aab}	5.649 ^{Ba}
R7	0.87 ^{Ac}	0.68 ^{Bb}	0.59 ^{Cc}	0.87 ^{Aa}	5.573 ^{Bbc}	4.394 ^{Cd}	5.996 ^{Aabc}	5.701 ^{Ba}
R8	0.82 ^{Ad}	0.61 ^{Bd}	0.57 ^{Cd}	0.45 ^{Dg}	5.801 ^{ABb}	5.396 ^{ABb}	6.332 ^{Aa}	5.338 ^{Bb}
R9	0.88 ^{Ab}	0.69 ^{Cb}	0.73 ^{Bb}	0.61 ^{Dc}	6.557 ^{Aa}	5.456 ^{Da}	6.273 ^{Ba}	5.584 ^{Ca}
R10	0.90 ^{Aa}	0.73 ^{Ca}	0.76 ^{Ba}	0.74 ^{Cb}	6.593 ^{Aa}	5.506 ^{Ca}	6.303 ^{Ba}	5.622 ^{Ca}

	<i>M17(log/mL)</i>			
R1	8.009 ^{Ac}	7.826 ^{Ba}	8.122 ^{Aab}	7.519 ^{Ce}
R2	8.052 ^{Abc}	7.764 ^{Bab}	8.088 ^{Aab}	7.551 ^{Cde}
R3	8.221 ^{Aa}	7.944 ^{Ba}	8.177 ^{Aa}	7.600 ^{Ccde}
R4	8.085 ^{Ab}	7.482 ^{Bcd}	8.193 ^{Aa}	7.588 ^{Bcde}
R5	8.264 ^{Aa}	7.334 ^{Bde}	8.203 ^{Aa}	7.500 ^{Be}
R6	8.250 ^{Aa}	7.345 ^{Dde}	7.819 ^{Bc}	7.540 ^{Cde}
R7	8.258 ^{Aa}	7.167 ^{Ce}	8.193 ^{Aa}	7.637 ^{Bbcd}
R8	8.058 ^{Bbc}	7.586 ^{Cbc}	8.235 ^{Aa}	7.690 ^{Cabc}
R9	8.236 ^{Aa}	7.542 ^{Cbcd}	7.982 ^{Bb}	7.710 ^{Cab}
R10	8.283 ^{Aa}	7.378 ^{Ccde}	8.159 ^{Aa}	7.745 ^{Ba}

Tablo 36'dan görüldüğü üzere pH analizi sonuçlarına bakacak olursak; farklı suşların aynı örnekleri arasında istatistiki açıdan önemli bir fark vardır. Aynı koşullarda üretilen bu örneklerin farklılık göstermesi suşların pH üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Veyahut suşların çeşitliliğinden kaynaklı asitliğin artması ve azalması aynı örneklerde farklı pH'lara sebebiyet vermiştir. Ayrıca suşlara kendi aralarında bakıldığında inkübasyon sürelerinin ve sıcaklıklarının



da etkili olduklarını görmekteyiz. Aynı sıcaklığa sahip olan bu örneklerde tablodan da görüldüğü üzere inkübasyon süresi arttıkça pH değerlerinde bir azalma gözlemlenmektedir. Suşlar yüzde kurumadde değerleri arasında anlamlı bir farklılık oluşturmamışlardır. Yüzde kurumadde değerleri 6.42 ile 6.98 değerleri arasında değişmektedir. Ayranların yağ ve protein değerleri içinde benzer sonuçlar elde edilmiştir. Suşlar arasında ve aynı suşların örnekleri arasında anlamlı bir farklılık söz konusu değildir. Yüzde yağ ve protein değerleri sırasıyla 1.70 - 2.00 ve 1.73 - 2.07 değerleri arasındadır. Titrasyon asitliği testi sonucuna göre kontrol suşu ile diğer eps suşları arasında önemli bir fark vardır. Yüzde titrasyon asitliği değerlerine göre kontrol suşunun örnekleri, aynı inkübasyon sıcaklığı ve süresine sahip olan diğer eps üreten suşlar daha yüksek bulunmuştur. Eps üreten bu suşların asitliği düşürdüğü tablodan açıkça görülmektedir. Ayrıca inkübasyon sıcaklık ve süreleri de ayran örneklerinin asitliğinde önemli bulunmuştur. Şöyleki; örneğin 1. Ve 2. Suşlardaki R3, R7 ve R10 örnekleri aynı inkübasyon süresine ve fakat farklı sıcaklıklara sahiptirler ve R3'ten R10 doğru yüzde titrasyon asitliği değeri artmıştır. Yani aynı suş ve süreleri sahip örneklerdeki sıcaklığın artışı yüzde titrasyon değerini artırmıştır. Aynı önem inkübasyon süresi içinde geçerlidir. Bütün suşlarda örneklerin aynı sıcaklığa ait inkübasyon süreleri arttıkça yüzde asitlik değerleri de artmıştır. M17 ve MRS agarda bakılan laktik asit bakterileri sırasıyla 7.167 - 8.283 ile 4.387- 6.593 değerleri arasında bulunmuştur. Laktik asit bakterilerinin üreme koşulları çok farklı nedenlerle değişkenlik gösterdiğinden dolayı örnekler arası tam bir trend bulunamamıştır. Fakat tablodan da görüldüğü üzere genel olarak inkübasyon sıcaklığı arttıkça değerlerde bir artış söz konusudur. Farklı konsantrasyonlarda su ve tuz ilave edilerek yapılan ayran örneklerinin fizikokimyasal analizine bakılan bir çalışmaya göre pH, yüzde kurumadde ve yüzde yağ değerleri sırasıyla 4.1- 4.2, 7.3-12.2 ve 1.7-2.6 değerleri arasındadır. pH ve yüzde yağ değerleri bu çalışmayla paralellik göstermektedir. Fakat yüzde kurumadde değeri biraz daha yüksek bulunmuştur (Köksoy ve Kılıç 2003). Bir başka çalışmada ise pH 3.96- 4.00 değerleri arasında bulunmuştur (Şanlı vd., 2011). Diğer bir çalışmada *Lactobacillus acidophilus* ve *Bifidobacterium spp.* bakterileri ve çeşitli yağ ikame maddeleri kullanılarak üretilen ayran örneklerindeki kalite kriterlerine bakılmıştır. Örneklerin yüzde kurumadde %6.97 ve %7.19, protein içeriği %1.8 -%2.6, pH değerleri 3.91 -4.00 olarak belirlenmiştir. Bizim çalışmamızla aynı sonuçlar tespit edilmiştir. Düşük kalorili bu probiyotik ayranın bu değerlerle iyi tat, görünüş ve yapısal özellikleriyle birlikte fonksiyonel bir ürün elde edildiği rapor edilmiştir (Taş ve Seydim, 2010). Eps üreten laktik asit bakterilerinin kullanıldığı düşük yağlı yoğurt örneklerinde epsnin fizikokimyasal, tekstürel ve reolojik parametreleri üzerine etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Özellikle pH ve laktik asit içeriğine etkisi olduğu vurgulanmıştır (Ramchandran ve Shah 2009)

Ayran örneklerinin fizikokimyasal özelliklerinin yanısıra duyuşal özellikleri de araştırılmıştır. Duyusal parametreler belirlenirken ayıranda aranan önemli kriterler değerlendirmeye alınmıştır. Ayran örneklerine ait duyuşal analiz formu bu kriterler baz alınarak hazırlanmıştır ve sonuçları Tablo 37’de görölmektedir.

Tablo 37. Ayran örneklerine ait duyuşal analiz değerleri

Örnekler	Kontrol	1.suş	2.suş	Karışım	Kontrol	1.suş	2.suş	Karışım
	Renk				Koku			
R1	7.50 ^{Ag}	7.50 ^{Af}	7.00 ^{Cg}	7.17 ^{Be}	7.00 ^{Be}	7.17 ^{Ad}	6.00 ^{Ch}	7.00 ^{Ba}
R2	7.67 ^{Bd}	7.80 ^{Ac}	7.42 ^{Dd}	7.58 ^{Cb}	7.33 ^{Aa}	5.60 ^{Dh}	6.58 ^{Cf}	7.00 ^{Ba}
R3	6.17 ^{Dı}	7.17 ^{Ch}	7.50 ^{Bc}	7.67 ^{Aa}	5.75 ^{Cj}	6.33 ^{Bg}	6.33 ^{Bg}	6.75 ^{Ac}
R4	7.08 ^{Bh}	7.50 ^{Af}	7.50 ^{Ac}	7.08 ^{Bf}	6.58 ^{Bı}	6.33 ^{Cg}	6.58 ^{Bf}	7.00 ^{Aa}
R5	7.92 ^{Ab}	7.60 ^{Be}	7.17 ^{Df}	7.50 ^{Cd}	6.83 ^{Bf}	6.40 ^{Cf}	6.33 ^{Dg}	7.00 ^{Aa}
R6	7.75 ^{Ac}	7.40 ^{Cg}	7.33 ^{De}	7.67 ^{Ba}	7.25 ^{Ab}	6.80 ^{De}	6.92 ^{Cd}	7.00 ^{Ba}
R7	8.00 ^{Aa}	7.80 ^{Bc}	7.42 ^{Dd}	7.58 ^{Cb}	6.75 ^{Cg}	6.80 ^{Be}	6.75 ^{Ce}	7.00 ^{Aa}
R8	7.58 ^{Cf}	8.25 ^{Aa}	8.08 ^{Ba}	7.58 ^{Cb}	6.67 ^{Dh}	7.38 ^{Ac}	7.25 ^{Bc}	6.83 ^{Cb}
R9	7.92 ^{Cb}	8.13 ^{Ab}	8.08 ^{Ba}	7.67 ^{Da}	7.08 ^{Cd}	7.50 ^{Ba}	7.58 ^{Aa}	6.58 ^{De}
R10	7.64 ^{Be}	7.63 ^{Cd}	7.91 ^{Ab}	7.58 ^{Dc}	7.18 ^{Dc}	7.50 ^{Bb}	7.45 ^{Cb}	6.75 ^{Ad}
	Görünüş				Tat- Aroma			
R1	6.50 ^{Bf}	7.67 ^{Ac}	6.33 ^{Ch}	4.50 ^{Dg}	6.00 ^{Bf}	5.00 ^{Cj}	3.75 ^{Dı}	6.75 ^{Ab}
R2	7.00 ^{Bb}	8.00 ^{Aa}	7.00 ^{Bd}	6.67 ^{Ce}	6.83 ^{Aa}	5.80 ^{Bı}	5.08 ^{Cf}	4.83 ^{Dı}
R3	5.83 ^{Dh}	7.33 ^{Ah}	7.00 ^{Bd}	6.75 ^{Cd}	3.92 ^{Dj}	6.00 ^{Ah}	5.25 ^{Ce}	5.67 ^{Bf}
R4	6.75 ^{Cd}	7.33 ^{Ah}	6.92 ^{Be}	6.67 ^{De}	5.67 ^{Bg}	6.67 ^{Ae}	4.17 ^{Dh}	5.58 ^{Cg}
R5	7.17 ^{Ba}	7.60 ^{Ae}	6.67 ^{Cg}	6.67 ^{Ce}	6.25 ^{Be}	6.40 ^{Af}	5.00 ^{Dg}	5.25 ^{Ch}
R6	7.17 ^{Ba}	7.40 ^{Ag}	6.83 ^{Df}	7.00 ^{Cb}	6.75 ^{Af}	6.20 ^{Cg}	5.08 ^{Df}	6.42 ^{Bd}
R7	6.50 ^{Df}	7.60 ^{Ae}	6.92 ^{Be}	6.83 ^{Cc}	4.00 ^{Dı}	7.40 ^{Aa}	5.58 ^{Cd}	5.83 ^{Be}
R8	6.17 ^{Dg}	7.75 ^{Ab}	7.33 ^{Bb}	6.67 ^{Ce}	5.17 ^{Dh}	6.88 ^{Ad}	6.67 ^{Cc}	6.75 ^{Bb}
R9	6.83 ^{Cc}	7.50 ^{Af}	7.42 ^{Ba}	6.25 ^{Df}	6.58 ^{Cd}	7.38 ^{Ab}	7.33 ^{Ba}	6.50 ^{Dc}
R10	6.73 ^{De}	7.63 ^{Ad}	7.18 ^{Bc}	7.08 ^{Ca}	6.64 ^{Cc}	7.00 ^{Bc}	7.00 ^{Bb}	7.33 ^{Aa}
	Viskozite				Genel Beğeni			
R1	6.00 ^{Ad}	5.50 ^{Cj}	5.42 ^{Dı}	5.83 ^{Bh}	6.33 ^{Af}	6.17 ^{Bh}	4.67 ^{Ch}	6.33 ^{Ad}
R2	6.75 ^{Ab}	6.20 ^{Ch}	6.17 ^{De}	6.33 ^{Be}	6.92 ^{Aa}	6.40 ^{Bg}	5.50 ^{Df}	5.92 ^{Cı}
R3	4.75 ^{Dh}	5.83 ^{Cı}	5.92 ^{Bg}	6.83 ^{Aa}	4.50 ^{Cı}	5.83 ^{Bı}	5.83 ^{Be}	6.33 ^{Ad}
R4	5.58 ^{Cg}	6.67 ^{Af}	5.83 ^{Bh}	6.58 ^{Cc}	5.92 ^{Cg}	7.17 ^{Ad}	5.08 ^{Dg}	6.25 ^{Bf}
R5	5.75 ^{Cf}	6.40 ^{Ag}	6.00 ^{Bf}	6.00 ^{Bg}	6.42 ^{Be}	6.60 ^{Af}	5.50 ^{Df}	6.00 ^{Ch}
R6	6.33 ^{Cc}	7.40 ^{Ab}	6.25 ^{Dd}	6.67 ^{Bb}	6.75 ^{Bc}	7.00 ^{Ae}	5.83 ^{De}	6.58 ^{Cc}
R7	6.00 ^{Dd}	6.80 ^{Ae}	6.17 ^{Ce}	6.33 ^{Be}	4.50 ^{Dı}	7.20 ^{Ac}	6.33 ^{Bd}	6.29 ^{Ce}
R8	5.58 ^{Dg}	7.13 ^{Ac}	6.92 ^{Bb}	6.25 ^{Cf}	5.75 ^{Dh}	7.25 ^{Ab}	7.00 ^{Bc}	6.67 ^{Cb}
R9	6.92 ^{Ca}	7.63 ^{Aa}	7.33 ^{Ba}	6.00 ^{Dg}	6.83 ^{Cb}	7.63 ^{Aa}	7.33 ^{Ba}	6.17 ^{Dg}
R10	5.82 ^{De}	6.88 ^{Ad}	6.45 ^{Bc}	6.42 ^{Cd}	6.73 ^{Dd}	7.25 ^{Ab}	7.09 ^{Cb}	7.17 ^{Ba}

Tablo 37'den de görüldüğü üzere renk analizi değerleri birbirlerine yakındır fakat aynı örneklerin suşları arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık vardır. Aynı inkübasyon süre ve sıcaklığında üretilmelerine rağmen suş farklılığı renk parametresi üzerinde bir farklılık oluşturmuştur. Diğer parametreler olan koku, görünüş tat-aroma ve viskozite değerleri için örnekler arası belirli bir trend olmamasına rağmen aynı örneklerin suşları arasında belirgin farklılıklar vardır. Genel beğeni sonuçlarına göre ise rakamsal olarak en yüksek skora sahip olan değer 7.25 ile suş 1 ait olan R10 örneğidir. R10 örneği daha öncede bahsedildiği üzere en yüksek sıcaklık ve süreye sahip olan örnektir (37°C, 3saat).

4.2.3 Ayran Örneklerinin EPS Miktarları

Ayran örneklerinde belirlenen EPS miktarları mg/L biriminde verilmiştir. Dondurmada olduğu gibi kontrol suşu kullanılan örneklerde EPS tespit edilememiştir. Fakat 1., 2. ve 3. suşlarda farklı miktarlarda EPS tespit edilmiştir. Bu değerler Tablo 62'de verilmiştir.

Tablo 38. Ayran örneklerinin eps miktarları (mg/L)

Örnekler	Suş 1	Suş 2	Karışım
R1	14.53 ^{Aa}	1.08 ^{Cf}	5.70 ^{Bf}
R2	14.00 ^{Aa}	3.75 ^{Ce}	7.12 ^{Bf}
R3	7.74 ^{Ac}	7.88 ^{Ac}	9.14 ^{Ae}
R4	5.61 ^{Bd}	3.65 ^{Be}	10.81 ^{Ae}
R5	8.02 ^{Cc}	10.84 ^{Bb}	22.15 ^{Ab}
R6	7.88 ^{Cc}	10.15 ^{Bb}	23.08 ^{Ab}
R7	10.10 ^{Cb}	13.60 ^{Ba}	29.31 ^{Aa}
R8	4.72 ^{Bde}	0.21 ^{Cf}	10.59 ^{Ae}
R9	3.84 ^{Ce}	5.98 ^{Bd}	14.34 ^{Ad}
R10	4.95 ^{Cde}	7.00 ^{Bcd}	16.36 ^{Ac}

^{A-C} Aynı örneklerdeki farklı suşların anlamlılık düzeyi

^{a-j} Aynı suşlardaki farklı örneklerin anlamlılık düzeyi

Tablo 38'de görüldüğü gibi, suş çeşidi ve uygulanan inkübasyon şartı (sıcaklık ve süre), ayran örneklerinde üretilen EPS miktarını önemli derecede etkilemiştir. 1. Ayran suşu dikkate alındığında, EPS üretiminin en yüksek olduğu inkübasyon şartı, 32 °C'de 2 saat iken, en düşük olduğu inkübasyon ortamı ise 42 °C'de 3 saat olarak belirlenmiştir. Ayran üretiminde kullanılan 2. EPS üreten ayran suşunda ise genel olarak inkübasyon süresi arttıkça üretilen EPS miktarı da önemli derecede artış göstermiştir. En yüksek EPS miktarına 37 °C'de yapılan inkübasyon yapılarak üretilen ayran örneklerinde rastlanılmıştır. En düşük EPS miktarına ise 42 °C'de

inkübe edilerek üretilen örneklerde rastlanılmıştır. 1. ve 2. ayran suşlarının karışımı kullanılarak üretilen ayran örneklerinin EPS miktarı da inkübasyon süresi arttıkça artmıştır. Karışım suşunda da 2. suşa benzer olarak en yüksek EPS üretimi, 37 °C'de inkübe edilen örneklerde tespit edilmiştir. Herbir suş için inkübasyon sıcaklığı ve süresine bağlı olarak elde edilen sonuçlar, yanıt yüzey metodu kullanılarak modellenmiş ve modele ait sonuçlar Tablo 39'da gösterilmiştir. Tablo 39'da ise ayran suşları için yanıt yüzey metodu kullanılarak suşların istatistiki açıdan anlamlılıkları ve modelleri belirlenmiştir. 2002 yılında yapılan bir başka çalışmada ise fermente süt ürünlerinde en fazla eps üretimini *Lactobacillus delburecki ssp. bulgaricus* olduğu belirlenmiştir (Fregova vd., 2002)

Table 39. Ayran suşları için oluşturulan modellerin F değerleri

Faktörler	Suş 1	Suş 2	Karışım
Modeller	Kübik	Kübik	Kübik
x_1 (sıcaklık)	132.54 ^a	8.56 ^c	35.10 ^a
x_2 (süre)	25.90 ^a	170.16 ^a	96.38 ^a
x_1x_2	31.60 ^a	-	-
x_1x_1	-	203.34 ^a	157.56 ^a
x_2x_2	-	12.91 ^b	-
$x_1^2x_2$	51.64 ^a	11.40 ^b	36.26 ^a
$x_1x_2^2$	12.78 ^b	11.06 ^b	-
lack of fit	53.11	1.33	4.89
R^2	0.9876	0.9949	0.9837
adj- R^2	0.9722	0.9846	0.9706
pred- R^2	0.8976	0.8829	0.8738
adeq pre	24.039	30.683	27.138

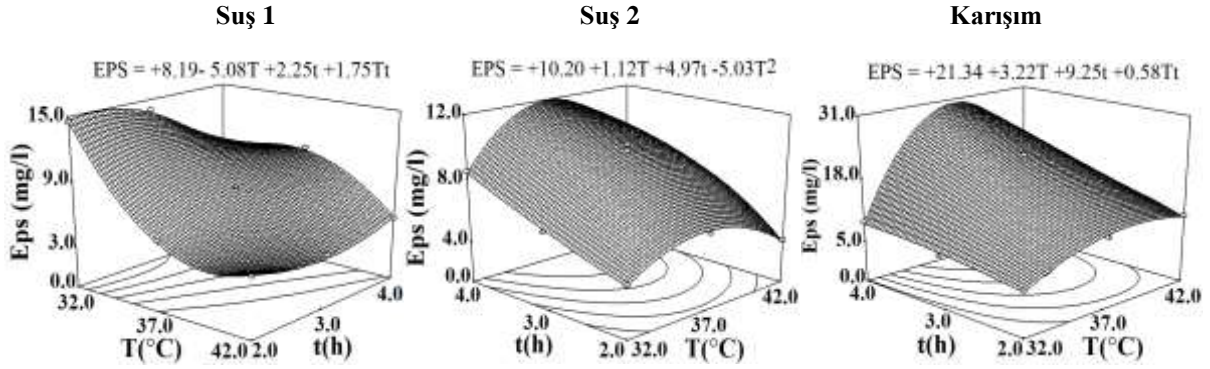
a $p \leq 0.01$

b $p \leq 0.05$

c $p \leq 0.1$

Tablo 39'dan görüldüğü gibi ayran suşları için oluşturulan modellerin R^2 değerleri 1'e oldukça yakındır. Bu durum inkübasyon sıcaklığı ve inkübasyon süresinin, ayran üretimi sırasında üretilen EPS miktarını başarılı bir şekilde açıkladığının göstergesidir. Herbir suş için bağımsız değişkenlerin (sıcaklık ve süre), bağımlı değişken (EPS miktarı) üzerine etkisini en iyi açıklayan model kübik olarak bulunmuştur. Lineer terimlerde cross terimlerde suşlar için anlamlı bulunmuştur. Her bir EPS üreten bu 3 Suş içinde kübik model uygun olarak belirlenmiştir. Oluşturulan modeller incelendiğinde, sıcaklık ve süre terimleri 3 örnek için de 0.01 anlamlılık düzeyinde anlamlı bulunmuştur (Suş 2 için sıcaklık 0.1 düzeyinde anlamlı bulunmuştur). 1. Suş için elde edilen modelde sıcaklık ve süre interaksiyon terimi (x_1x_2) ile $x_1^2x_2$ ve $x_1x_2^2$ terimleri önemli bulunmuştur. Suş 2 ile hazırlanan örneklerin EPS miktarlarına ait oluşturulan modelde ise sıcaklık ve sürenin kuadratik etkileri (x_1x_1 , x_2x_2) önemli bulunmuştur. Ayrıca bu suş için de

$x_1^2x_2$ ve $x_1x_2^2$ terimleri önemli bulunmuştur. Karışım suşu için oluşturulan modellerde lineer terimlere ilave olarak x_1x_1 ve $x_1^2x_2$ terimlerinin etkileri önemli bulunmuştur. Ayrar örneklerine ait EPS miktarlarının sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi, Şekil 32'de gösterilmiştir.



Şekil 32. Suşların eps değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi

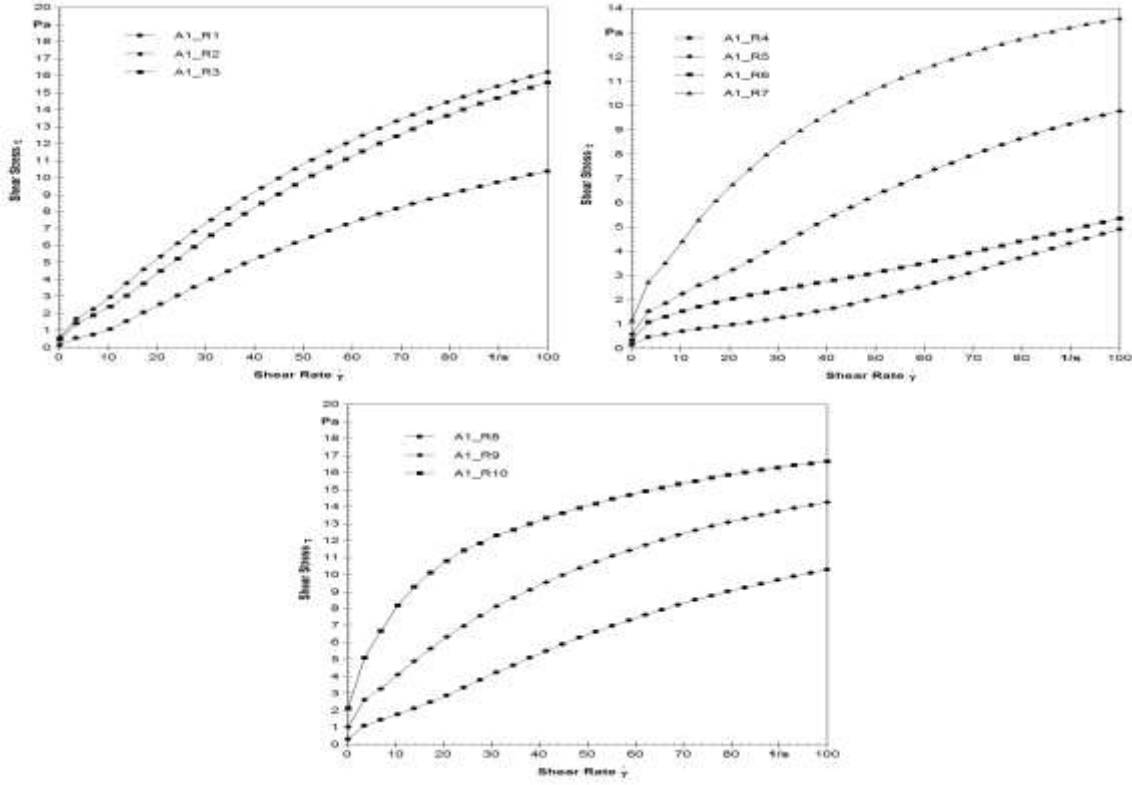
Şekil 32'de görüldüğü gibi ayran örneklerine ait 1. Suş için sıcaklık arttıkça örneklerin EPS miktarı azalırken süre arttıkça EPS miktarı artmaktadır. 2. suşta ise inkübasyon sıcaklığı ve inkübasyon süresinin artması 2. suş kullanılarak üretilen ayran örneklerinin EPS miktarını önemli derecede artırmaktadır. Modele ait denklemler incelendiğinde 2. suş kullanılarak üretilen örneklerin EPS miktarı üzerinde sürenin daha etkili olduğu gözlemlenmiştir. Benzer durum karışım suşu kullanılarak üretilen ayran örnekleri için de geçerlidir. Karışım suşu kullanılarak üretilen ayran örneklerinin EPS miktarı da inkübasyon sıcaklığı ve süresi arttıkça artış göstermiştir. Ayrıca bu karışım suşunda da EPS miktarı üzerinde sürenin etkisi daha önemlidir.

4.2.4 Ayran Örneklerinin Reolojik Özellikleri

Tablo 1'deki belirtilen inkübasyon süre ve sıcaklığı dikkate alınarak ve dört farklı suş (EPS üreten 1 (suş 1), EPS üreten 2 (suş 2), EPS üretmeyen (suş 3, kontrol) ve EPS üreten suşların karışımı (suş 4)) kullanılarak üretilen ayran örneklerinin yatışkan, dinamik ve sürünme toparlanma reolojik özellikleri belirlenmiştir.

4.2.4.1 Ayran Örneklerinin Yatışkan Fazdaki Reolojik Özellikleri

Suş 1 kullanılarak farklı inkübasyon koşullarında üretilen ayran örneklerine ait kesme hızına bağlı kayma basıncı değişimi Şekil 33'de gösterilmiştir.



Şekil 33. Suş 1 kullanılarak üretilen ayran örneklerine ait kesme hızına karşılık kayma basıncı grafiği

Şekil 33'den gözlemlendiği gibi farklı inkübasyon şartlarında (sıcaklık ve süre) hazırlanmış ayran örneklerinin görünür viskozite değeri, kesme hızına bağlı olarak azalmaktadır. Bu durum ayran örneklerinde shear thinning davranış hakim olduğunu göstermektedir. Şekildende görüldüğü gibi ayran üretimi sırasında uygulanan inkübasyon sıcaklığı ve süresi örneklerin yatışkan fazdaki reolojik özelliklerini önemli derecede etkilemektedir. Elde edilen kesme hızına karşılık kayma basıncı değerleri Ostwal de Waele modeline fit edilerek model katsayıları hesaplanmıştır. Örneklere ait model katsayıları ve 50 s^{-1} kesme hızındaki görünür viskozite değerleri (η_{50}) Tablo 40' da gösterilmiştir.

Tablo 40. Suş 1 kullanılarak üretilen ayran örneklerine ait model parametreleri ve η_{50} değerleri

Örnekler	Ostwald de Waele Parametreleri			η_{50} (Pa.s)
	K (Pa.s ⁿ)	n	R^2	
R1	0.0254	0.6623	0.9899	0.0062
R2	0.1088	1.0065	0.9750	0.1163
R3	0.5789	0.7420	0.9884	0.2120
R4	0.0624	0.9236	0.9698	0.0433
R5	0.4141	0.6407	0.9893	0.1213
R6	0.3685	0.5525	0.9810	0.0582
R7	1.4328	0.5009	0.9791	0.1970
R8	0.2550	0.8155	0.9928	0.1257



R9	1.2204	0.5478	0.9874	0.2037
R10	4.3464	0.3008	0.9947	0.2640

Tablo 40'dan da görüldüğü gibi farklı inkübasyon sıcaklık ve sürelerinde üretilen ayran örneklerinin Ostwald de Waele modeline ait determinasyon katsayısı (R^2) değerleri 0.9750 ile 0.9947 arasında değişmektedir. R^2 değerlerinin 1'e yakın olmasından Ostwald de Waele modelinin, ayran örneklerinin akış davranışını başarılı bir şekilde tanımladığı anlaşılmaktadır. Suş 1 kullanılarak üretilen ayranların kıvam katsayısı (K) ve akış davranış indeks değerleri (n) sırasıyla 0.0254 - 4.3464 Pa.sⁿ ve 0.3008 - 1.0065 arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Ağızdaki kesme hızı olarak kabul edilen 55 s⁻¹ deki viskozite değeri (η_{50}) ise 0.0062 ile 0.2640 Pa.sⁿ arasında bulunmuştur. Tablodan da görüldüğü gibi ayran örneklerine uygulanan inkübasyon sıcaklığı ve süresi örneklerin yatışkan fazdaki reolojik parametrelerini önemli şekilde etkilemektedir. Yatışkan fazda elde edilen parametreler, yanıt yüzey metodu ile modellenerek bu parametrelerin inkübasyon sıcaklığına ve süresine bağlı olarak değişimi belirlenmeye çalışılmıştır. K , n ve η_{50} değerleri için oluşturulan model parametrelerinin F değerleri Tablo 41'de gösterilmiştir.

Tablo 41. Suş 1 kullanılarak üretilen üretilen ayran örnekleri için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri

Faktörler	K	n	η_{50}
Model	Quadratic	Linear	Linear
x_1 (sıcaklık)	334.74 ^a	8.06 ^b	28.77 ^a
x_2 (süre)	548.27 ^a	10.68 ^b	89.96 ^a
$x_1 * x_2$	80.41 ^a	8.25 ^b	11.04 ^b
$x_1^2 * x_1$	11.14 ^b	-	-
$x_2^2 * x_2$	12.30 ^b	-	-
$x_1^{2*} * x_2$	-	-	-
$x_1 * x_2^2$	-	-	-
lack of fit	90.97	1.01	15.74
R^2	0.9960	0.8181	0.9558
adj- R^2	0.9910	0.7272	0.9337
pred- R^2	0.9612	0.3395	0.8925
adeq pre	43.967	8.760	19.170

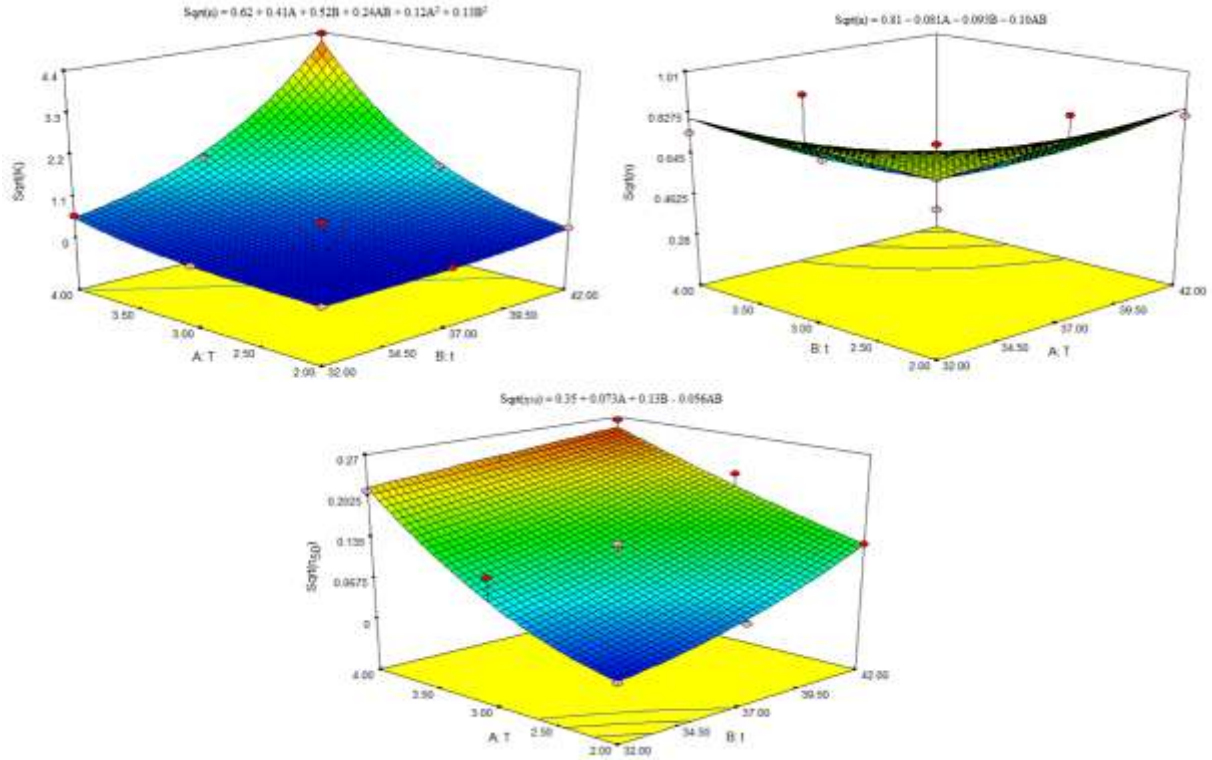
^a $p \leq 0.01$

^b $p \leq 0.05$

^c $p \leq 0.1$

Ayran örneklerinin K , n ve η_{50} değerleri için oluşturulan modellere ait R^2 değerleri sırasıyla 0.9960, 0.8181 ve 0.9558 olarak bulunmuştur. K parametresi için linear terimler (x_1 ve x_2), cross terim ($x_1 * x_2$) ve kuadratik terimleri (x_1^2 ve x_2^2) önemli bulunmuştur. Tablo 39 'den görüldüğü gibi K değeri için oluşturulan modelin R^2 değeri 0.8664 olarak bulunmuştur. n ve η_{50} parametreleri için ise linear terimlere ilave olarak (x_1 ve x_2) cross terimi de ($x_1 * x_2$) önemli

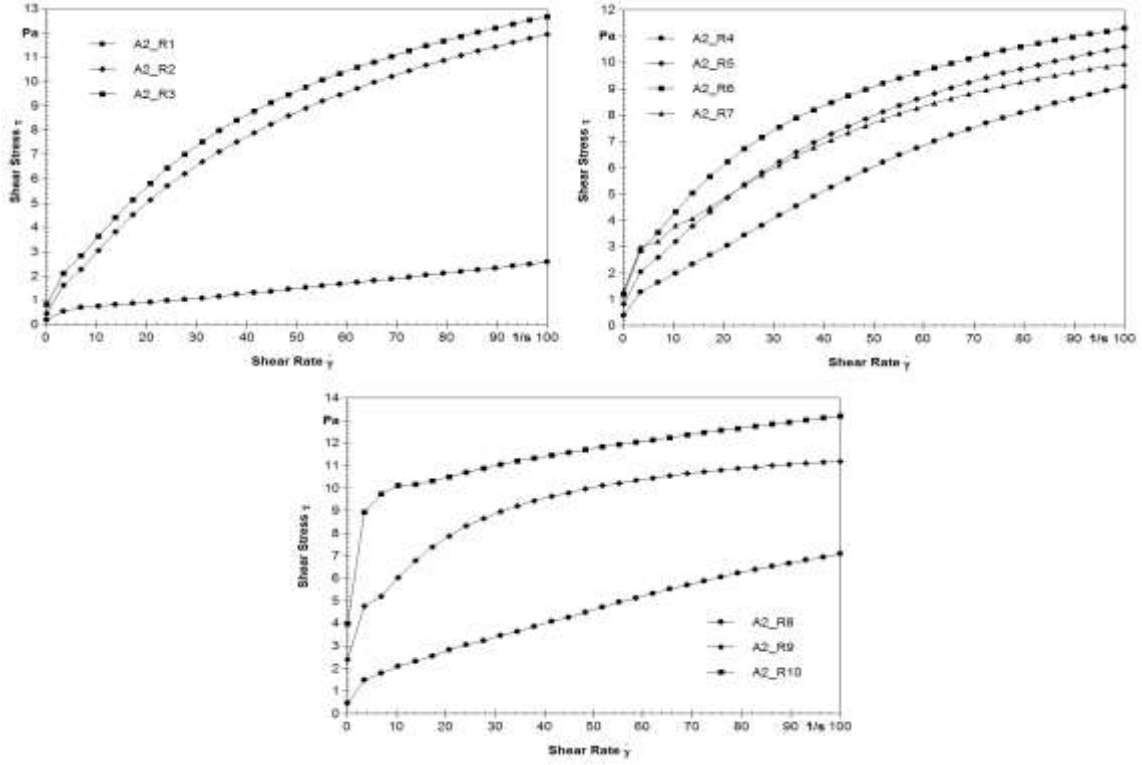
bulunmuştur. Yatışkan fazda elde edilen parametrelerin sıcaklık ve süreye bağlı değişimi Şekil 34'da gösterilmektedir.



Şekil 34. Suş 1 kullanılarak üretilen ayran örneklerine ait K , n ve η_{50} değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi

Şekil 34'den de gözlemlendiği gibi K ve η_{50} değerleri inkübasyon sıcaklığı ve süresinin artmasıyla artış göstermektedir. Ayran örneklerinin K ve η_{50} değerlerini maksimum yapan inkübasyon şartları suş 1 için 42 °C ve 4 saat olarak belirlenmiştir. Oluşturulan model, bu şartlarda dondurma mikserlerinin K ve η_{50} değerlerini sırasıyla 4.16 Pa.sⁿ ve 0.252 Pa.s olarak tahmin etmektedir.

EPS üreten 2. ayran suşu (suş 2) kullanılarak farklı koşullarda üretilen dondurma mikserlerine ait akış grafiği Şekil 35'de gösterilmiştir.



Şekil 35. Suş 2 kullanılarak üretilen ayran örneklerine ait kesme hızına karşılık kayma basıncı grafiği

Farklı inkübasyon şartlarında (sıcaklık ve süre) suş 2 kullanılarak hazırlanan ayran örneklerinin görünür viskozite değeri, kesme hızına bağlı olarak azalmaktadır (şekil 35). Bu durum ayran örneklerinde shear thinning davranış hakim olduğunu göstermektedir. Şekildende görüldüğü gibi ayran üretimi sırasında uygulanan inkübasyon sıcaklığı ve süresi örneklerin yatışkan fazdaki reolojik özelliklerini önemli derecede etkilemektedir. Elde edilen kesme hızına karşılık kayma basıncı değerleri Ostwald de Waele modeline fit edilerek model katsayıları hesaplanmıştır. Örneklere ait model katsayıları ve 50 s^{-1} kesme hızındaki görünür viskozite değerleri (η_{50}) Tablo 42'de gösterilmiştir.

Tablo 42. Suş 2 kullanılarak üretilen ayran örneklerine ait model parametreleri ve η_{50} değerleri

Örnekler	Ostwald de Waele Parametreleri			η_{50} (Pa.s)
	K (Pa.s ⁿ)	n	R^2	
R1	0.1589	0.5810	0.9774	0.0279
R2	0.8848	0.5777	0.9881	0.1620
R3	1.0344	0.5581	0.9877	0.1820
R4	0.3233	0.7296	0.9975	0.1120
R5	1.0494	0.5512	0.9943	0.1780
R6	1.1763	0.4778	0.9859	0.1720
R7	1.7747	0.4123	0.9860	0.1860
R8	0.5003	0.5719	0.9975	0.0870



R9	3.5633	0.2608	0.9780	0.1880
R10	8.3837	0.0807	0.8549	0.2160

Tablo 42'den de görüldüğü gibi farklı inkübasyon sıcaklık ve sürelerinde üretilen ayran örneklerinin Ostwald de Waele modeline ait determinasyon katsayısı (R^2) değerleri 0.8549 ile 0.9975 arasında değişmektedir. R^2 değerlerinin 1'e yakın olmasından anlaşılacağı gibi Ostwald de Waele modeli, ayran örneklerinin akış davranışını başarılı bir şekilde tanımlamaktadır. Suş 2 kullanılarak üretilen ayran örneklerinin K ve n değerleri sırasıyla 0.1589 - 8.3837 Pa.sⁿ ve 0.0807 - 0.7296 arasında değiştiği görülmektedir. Suş 2 ile hazırlanan örneklerin η_{50} değerleri ise 0.0279 ile 0.2160 Pa.s arasında bulunmuştur. Tablodan da görüldüğü gibi ayran örneklerine uygulanan inkübasyon sıcaklığı ve süresi örneklerin yatışkan fazdaki reolojik parametrelerini önemli şekilde etkilemektedir. Yatışkan fazda elde edilen parametreler, yanıt yüzey metodu ile modellenerek bu parametrelerin inkübasyon sıcaklığına ve süresine bağlı olarak değişimi belirlenmeye çalışılmıştır. K , n ve η_{50} değerleri için oluşturulan model parametrelerinin F değerleri Tablo 41'de gösterilmiştir.

Tablo 43. Suş 2 kullanılarak üretilen üretilen ayran örnekleri için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri

Faktörler	K	n	η_{50}
Model	Linear	Quadratic	Quadratic
x_1 (sıcaklık)	23.73 ^a	155.83 ^a	3.87
x_2 (süre)	30.79 ^a	147.69 ^a	27.56 ^a
$x_1 * x_2$	8.93 ^b	94.61 ^a	1.20
x_1^2	-	40.76 ^a	0.91
x_2^2	-	0.90	5.14
$x_1^2 * x_2$	-	-	-
$x_1 * x_2^2$	-	-	-
lack of fit	45.53	0.23	86.38
R^2	0.9136	0.9910	0.9083
adj- R^2	0.8704	0.9797	0.7936
pred- R^2	0.7308	0.9552	0.0542
adeq pre	13.453	31.064	8.087

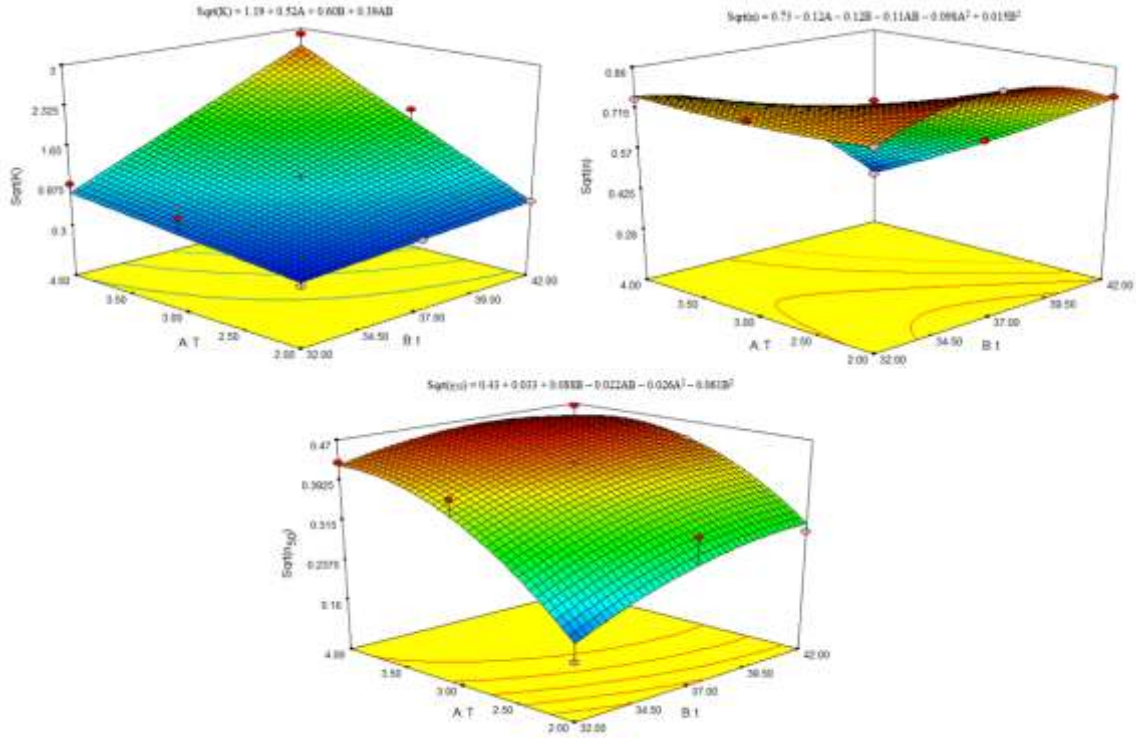
a $p \leq 0.01$

b $p \leq 0.05$

c $p \leq 0.1$

Ayran örneklerinin K , n ve η_{50} değerleri için oluşturulan modellere ait R^2 değerleri sırasıyla 0.9136, 0.9910 ve 0.9083 olarak bulunmuştur. Bu değerler, oluşturulan modellerin bağımlı değişkenlerin (K , n ve η_{50}) bağımsız değişkenlere (inkübasyon sıcaklığı ve süresi) bağlı olarak başarılı bir şekilde tahmin edilebileceği görülmektedir. K parametresi için linear terimler (x_1 ve x_2) ve cross terimi ($x_1 * x_2$); n parametresi için linear terimler (x_1 ve x_2), cross terimi ($x_1 * x_2$) ve kuadratik terimleri (x_1^2); η_{50} parametresi için ise sadece sürenin linear etkisi önemli

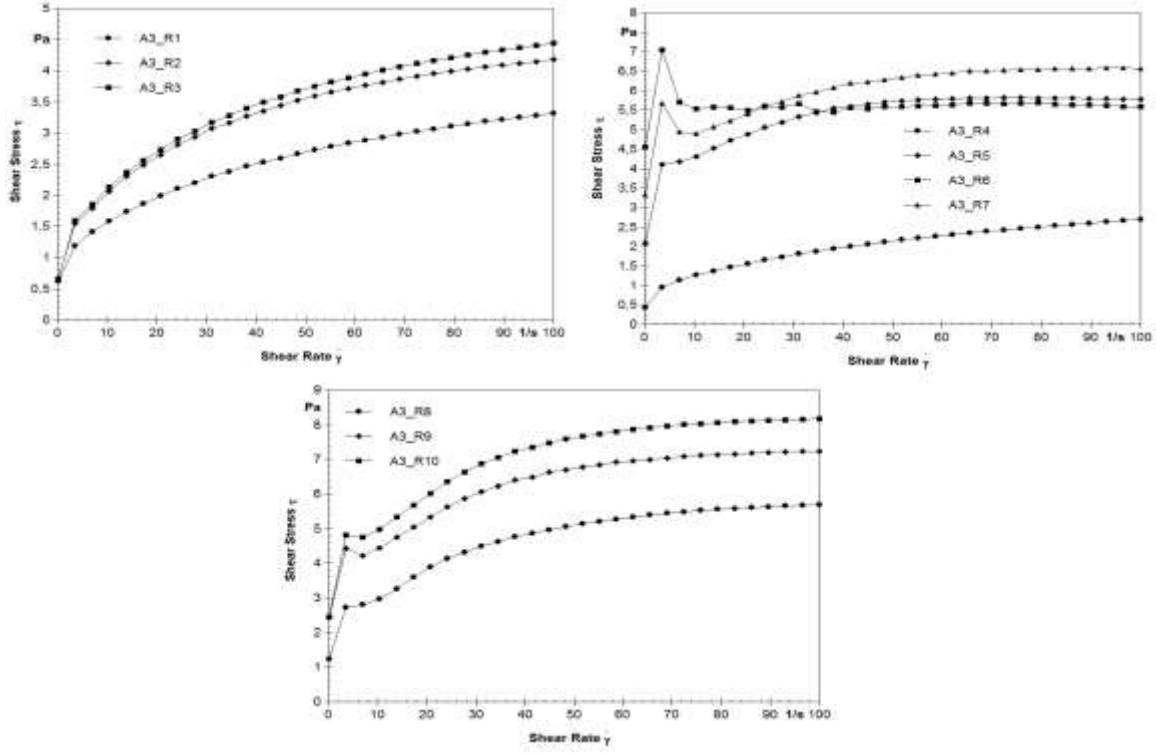
bulunmuştur. Yatışkan fazda elde edilen parametrelerin sıcaklık ve süreye bağlı değişimi Şekil 36'de gösterilmektedir.



Şekil 36. Suş 2 ile üretilen ayran örneklerine ait K , n ve η_{50} değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi

Şekil 36'dan da görüldüğü gibi ayran örneklerinin K ve η_{50} değerleri inkübasyon sıcaklığı ve süresinin artmasıyla artmaktadır. Ayran örneklerinin K ve η_{50} değerlerini maksimum yapan inkübasyon şartları suş 1 için 42 °C ve 4 saat olarak belirlenmiştir. Oluşturulan model, bu şartlarda dondurma mikslерinin K ve η_{50} değerlerini sırasıyla 7.94 Pa.sⁿ ve 0.25 Pa.s olarak tahmin etmektedir. Suş 1 ile suş 2 ile üretilen ayran örnekleri karşılaştırıldığında; suş 2 ile üretilen ayran örneklerinin kıvamı suş 1 ile üretilen örneklere göre daha yüksek bulunmuştur.

EPS üreten suşlar ile üretilen ayran örnekleri ile üretmeyen suşlar ile hazırlanan ayran örneklerini karşılaştırmak amacıyla EPS üretmeyen kontrol suşu (suş 3) kullanılarak ayran üretimi gerçekleştirilmiştir. EPS üretmeyen kontrol suşu kullanılarak farklı koşullarda üretilen dondurma mikslерine ait akış grafiği Şekil 37'de gösterilmiştir.



Şekil 37. Suş 3 (kontrol) kullanılarak üretilen ayran örneklerine ait kesme hızına karşılık kayma basıncı grafiği

EPS üretmeyen suş 3 kullanılarak üretilen ayran örneklerinin görünür viskozite değeri, kesme hızına bağlı olarak azalmaktadır (şekil 37). Bu durum EPS üreten suşlar ile hazırlanan örneklerde olduğu gibi kontrol suş ile üretilen ayran örneklerinde de shear thinning davranış hakim olduğunu göstermektedir. Şekildende görüldüğü gibi ayran üretimi sırasında uygulanan inkübasyon sıcaklığı ve süresi örneklerin yatışkan fazdaki reolojik özelliklerini önemli derecede etkilemektedir. Ayran örneklerine ait model katsayıları ve η_{50} değerleri Tablo 44'de gösterilmiştir.

Tablo 44. Suş 3 kullanılarak üretilen ayran örneklerine ait model parametreleri ve η_{50} değerleri

Örnekler	Ostwald de Waele Parametreleri			η_{50} (Pa.s)
	K (Pa.s ⁿ)	n	R^2	
R1	0.5504	0.3465	0.9991	0.0403
R2	1.0065	0.3250	0.9938	0.0665
R3	1.0911	0.3065	0.9893	0.0687
R4	0.7517	0.3261	0.9985	0.0507
R5	3.5011	0.1233	0.9206	0.1067
R6	3.5694	0.1400	0.9625	0.1018
R7	4.8552	0.0787	0.8107	0.1150
R8	1.6443	0.2807	0.9792	0.0940
R9	2.7990	0.2104	0.9729	0.1270



R10	3.0130	0.2209	0.9736	0.1357
-----	--------	--------	--------	--------

Tablo 44'den de görüldüğü gibi farklı inkübasyon sıcaklık ve sürelerinde üretilen ayran örneklerinin Ostwald de Waele modeline ait R^2 değerleri 0.8107 ile 0.9991 arasında değişmektedir. Suş 3 kullanılarak üretilen ayran örneklerinin K ve n değerleri sırasıyla 0.5504 - 4.8552 Pa.sⁿ ve 0.0787 - 0.3465 arasında değişmektedir. Suş 3 ile hazırlanan örneklerin η_{50} değerleri ise 0.0403 ile 0.1357 Pa.s arasında bulunmuştur. Diğer suşlarda olduğu gibi ayran örneklerine uygulanan inkübasyon sıcaklığı ve süresi örneklerin yatışkan fazdaki reolojik parametrelerini önemli şekilde etkilemektedir. Yatışkan fazda elde edilen parametreler, yanıt yüzey metodu ile modellenerek bu parametrelerin inkübasyon sıcaklığına ve süresine bağlı olarak değişimi belirlenmiştir. K , n ve η_{50} değerleri için oluşturulan model parametrelerinin F değerleri Tablo 45'de gösterilmiştir.

Tablo 45. Suş 3 kullanılarak üretilen ayran örnekleri için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri

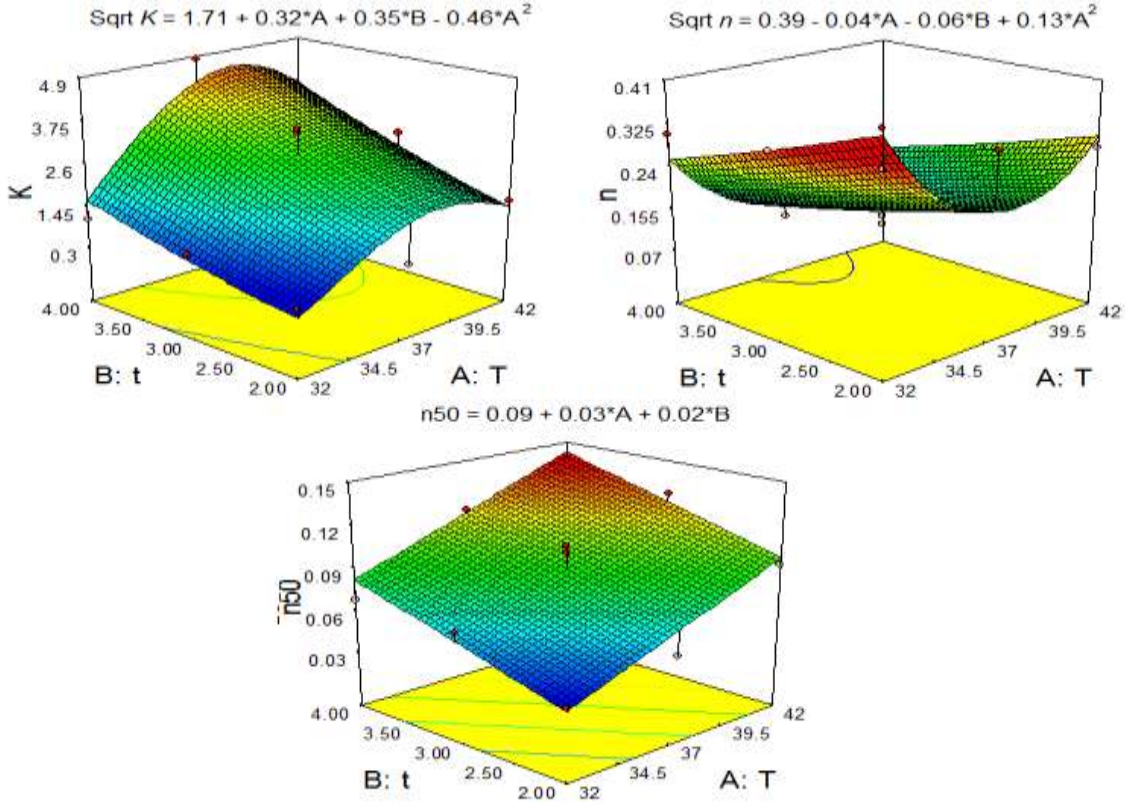
Faktörler	K	n	η_{50}
Model	Quadratic	Modified	Linear
x_1 (sıcaklık)	7.91 ^b	2.55	36.53 ^a
x_2 (süre)	9.58 ^b	5.88 ^b	20.07 ^a
$x_1 * x_2$	6.69 ^b	10.29 ^b	-
$x_1 * x_1$	-	-	-
$x_2 * x_2$	-	-	-
$x_1^2 * x_2$	-	-	-
$x_1 * x_2^2$	-	-	-
lack of fit	553.4	18.71	14.60
R^2	0.8012	0.7573	0.8889
adj- R^2	0.7019	0.6360	0.8585
pred- R^2	0.3975	0.2447	0.7834
adeq pre	8.45	7.44	15.69

a $p \leq 0.01$

b $p \leq 0.05$

c $p \leq 0.1$

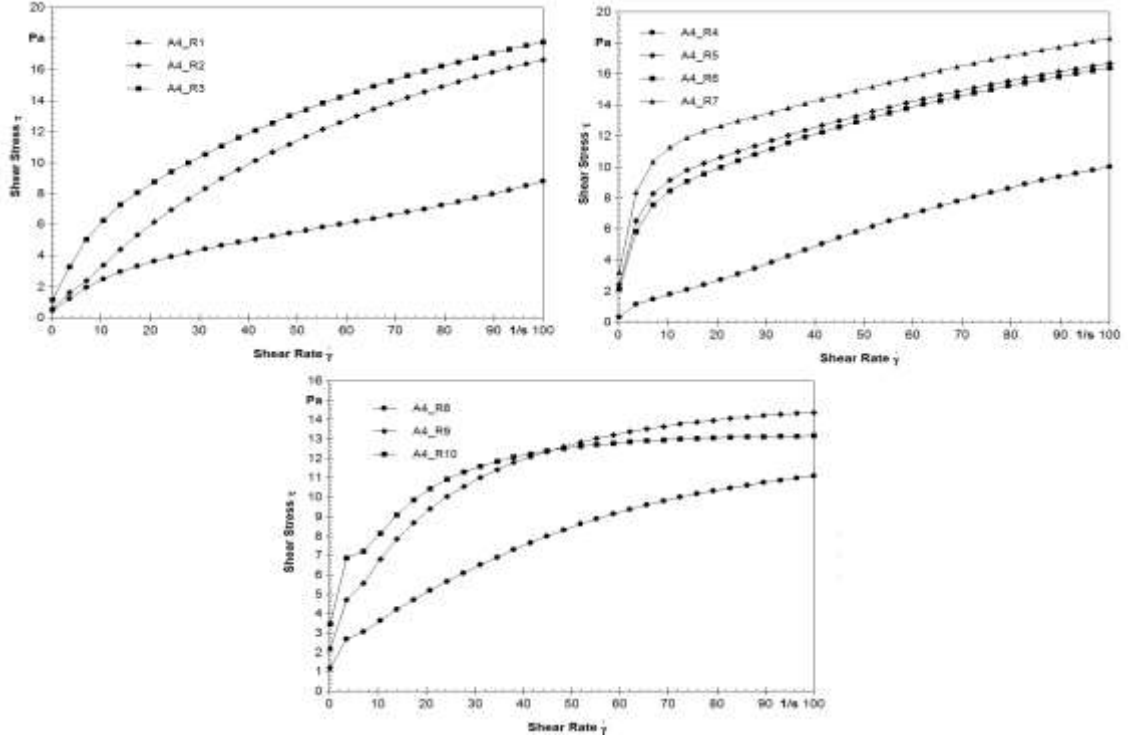
Ayran örneklerinin K , n ve η_{50} değerleri için oluşturulan modellere ait R^2 değerleri sırasıyla 0.8012, 0.7573 ve 0.8889 olarak bulunmuştur. K ve n parametreleri için linear terimler (x_1 ve x_2) ve cross terimi ($x_1 * x_2$); η_{50} parametresi için ise sadece sıcaklık ve sürenin linear etkisi önemli bulunmuştur. Yatışkan fazda elde edilen parametrelerin sıcaklık ve süreye bağlı değişimi Şekil 36'da gösterilmektedir.



Şekil 38. Suş 3 (kontrol) ile üretilen ayran örneklerine ait K , n ve η_{50} değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi

Şekil 38'den da görüldüğü gibi ayran örneklerinin K ve η_{50} değerleri inkübasyon sıcaklığı ve süresinin artmasıyla artmaktadır. Ayran örneklerinin K ve η_{50} değerlerini maksimum yapan inkübasyon şartları suş 3 için 40.75 °C ve 4 saat olarak belirlenmiştir. Oluşturulan model, bu şartlarda dondurma mikserlerinin K ve η_{50} değerlerini sırasıyla 4.14 Pa.sⁿ ve 0.14 Pa.s olarak tahmin etmektedir. Kontrol (EPS üretmeyen) suşu ile üretilen ayran örneklerinin kıvamının EPS üreten suşlara göre daha düşük olduğu görülmektedir.

EPS üreten 2 suşun (suş 1 ve suş 2) karıştırılması ile hazırlanan ayran örneklerine ait kesme hızına bağlı kayma basıncı grafiği Şekil 39'da gösterilmiştir.



Şekil 39. Suş 4 (karışım) kullanılarak üretilen ayran örneklerine ait kesme hızına karşılık kayma basıncı grafiği

Şekil 39'dan görüldüğü gibi suş 4 kullanılarak üretilen ayran örneklerinin görünür viskozite değeri, kesme hızına bağlı olarak azalmasından örneklerin shear thinning özelliğe sahip olduğu görülmektedir. Ayran üretim esnasında uygulanan inkübasyon sıcaklığı ve süresinin örneklerin reolojik özelliklerini önemli derecede etkilediği görülmektedir. Ayran örneklerine Ostwal de Waele model katsayıları ve η_{50} değerleri Tablo 46'da gösterilmiştir.

Tablo 46. Suş 4 kullanılarak üretilen ayran örneklerine ait model parametreleri ve η_{50} değerleri

Örnekler	Ostwald de Waele Parametreleri			η_{50} (Pa.s)
	K (Pa.s ⁿ)	n	R^2	
R1	0.6479	0.5616	0.9227	0.1053
R2	1.2356	0.5549	0.9754	0.2200
R3	2.4845	0.4233	0.9934	0.2507
R4	0.9502	0.4564	0.9693	0.1177
R5	4.6183	0.2761	0.9957	0.2507
R6	4.2599	0.2978	0.9961	0.2477
R7	5.3645	0.2630	0.9949	0.2723
R8	1.9240	0.3687	0.9569	0.1610
R9	3.7673	0.3003	0.9751	0.2360
R10	6.7515	0.1908	0.9654	0.2933



Farklı inkübasyon sıcaklık ve sürelerinde üretilen ayran örneklerinin Ostwald de Waele modeline ait R^2 değerleri 0.9227 ile 0.9957 arasında değişmektedir (Tablo 46). Suş 4 kullanılarak üretilen ayran örneklerinin K ve n değerleri sırasıyla 0.6479 - 6.7515 Pa.sⁿ ve 0.1908 - 0.5616 arasında değişmektedir. Suş 4 ile hazırlanan örneklerin η_{50} değerleri ise 0.053 ile 0.2933Pa.s arasında bulunmuştur. Diğer suşlarda olduğu gibi ayran örneklerine uygulanan inkübasyon sıcaklığı ve süresi örneklerin yatışkan fazdaki reolojik parametrelerini önemli şekilde etkilemektedir. Yatışkan fazda elde edilen parametreler, yanıt yüzey metodu ile modellenerek bu parametrelerin inkübasyon sıcaklığına ve süresine bağlı olarak değişimi belirlenmiştir. K , n ve η_{50} değerleri için oluşturulan model parametrelerinin F değerleri Tablo 47'de gösterilmiştir.

Tablo 47. Suş 4 kullanılarak üretilen ayran örnekleri için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri

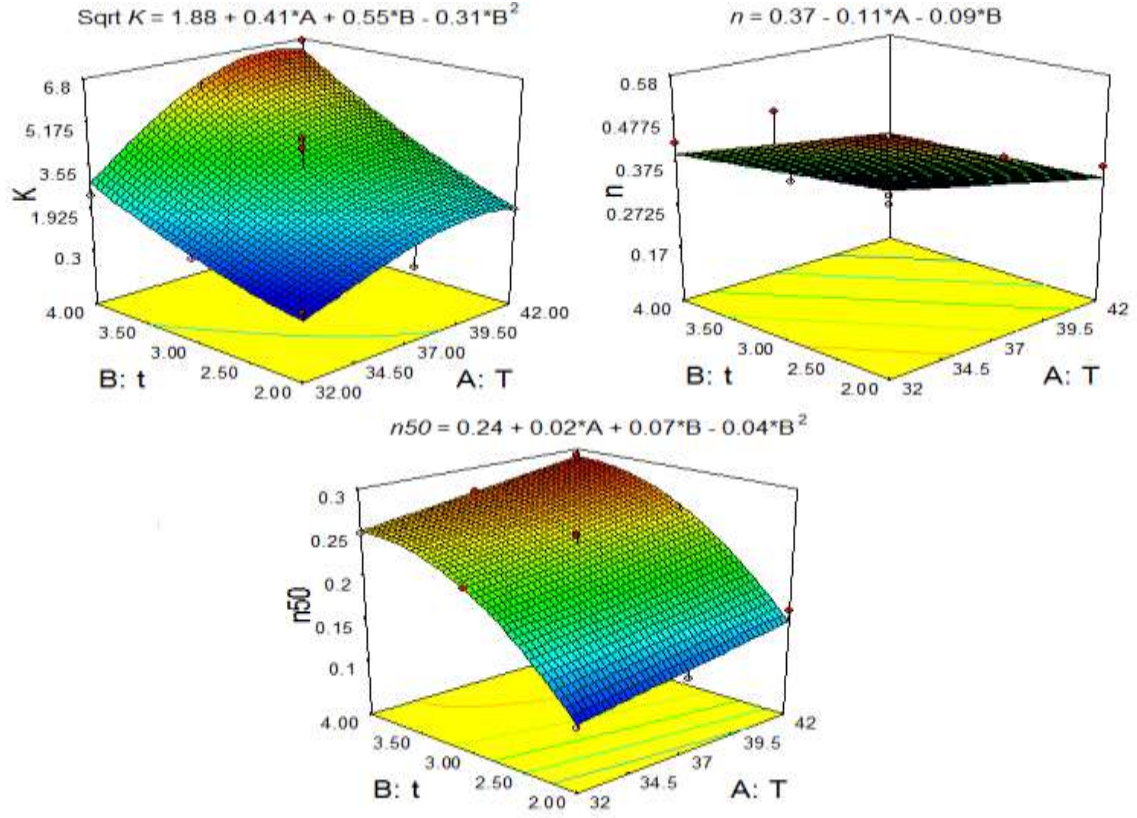
Faktörler	K	n	η_{50}
Model	Modified	Linear	Quadratic
x_1 (sıcaklık)	19.02 ^a	23.15 ^a	12.79 ^b
x_2 (süre)	35.48 ^a	13.00 ^a	183 ^a
$x_1 * x_2$	-	-	-
$x_1^2 * x_1$	4.33 ^b	-	-
$x_2^2 * x_2$	-	-	20.92 ^b
$x_1^2 * x_2$	-	-	-
$x_1 * x_2^2$	-	-	-
lack of fit	17.01	16.42	45.21
R^2	0.9075	0.8378	0.9731
adj- R^2	0.8612	0.7914	0.9596
pred- R^2	0.7466	0.7421	0.9236
adeq pre	13.32	12.55	22.08

^a $p \leq 0.01$

^b $p \leq 0.05$

^c $p \leq 0.1$

Ayran örneklerinin K , n ve η_{50} değerleri için oluşturulan modellere ait R^2 değerleri sırasıyla 0.9075, 0.8378 ve 0.9731 olarak bulunmuştur. K , n ve η_{50} parametreleri için linear terimlerin (x_1 ve x_2) etkileri önemli bulunurken bu terimlere ilave olarak K parametresi için sıcaklığın η_{50} parametresi için ise sürenin kuadratik etkisi önemli bulunmuştur. Yatışkan fazda elde edilen parametrelerin sıcaklık ve süreye bağlı değişimi Şekil 40'da gösterilmektedir.

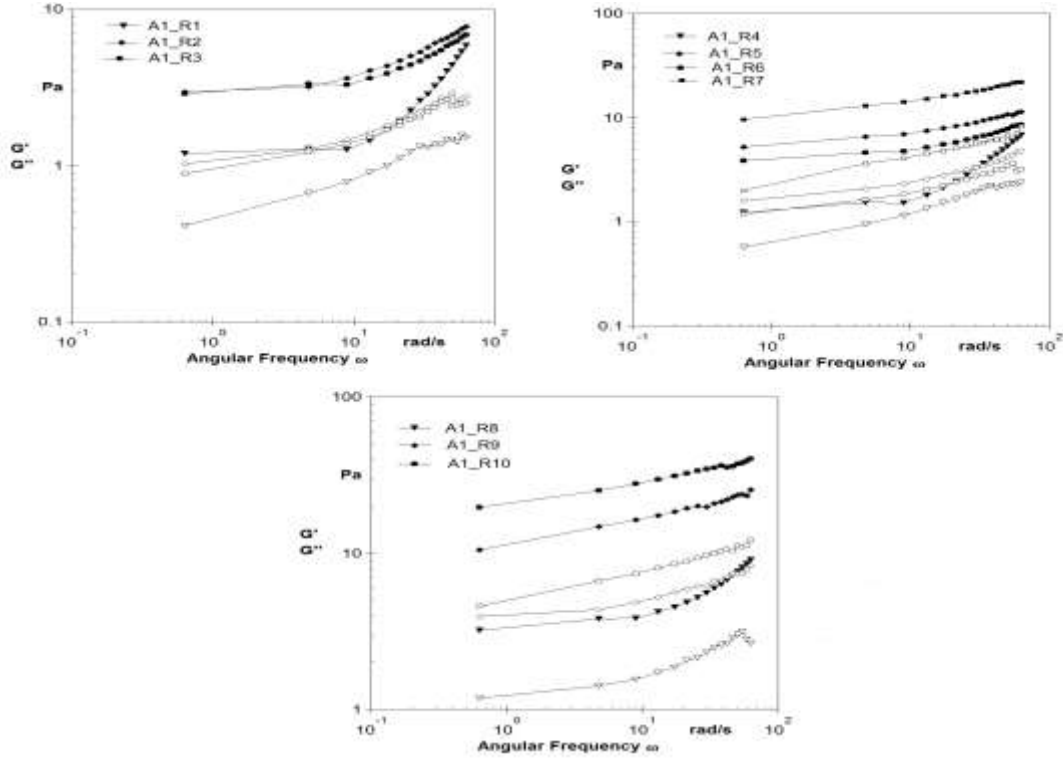


Şekil 40. Suş 4 (kontrol) ile üretilen ayran örneklerine ait K , n ve η_{50} değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi

Şekil 40'dan da görüldüğü gibi ayran örneklerinin K ve η_{50} değerleri inkübasyon sıcaklığı ve süresinin artmasıyla artmaktadır. Ayran örneklerinin K ve η_{50} değerlerini maksimum yapan inkübasyon şartları suş 4 için 41.77 °C ve 4 saat olarak belirlenmiştir. Oluşturulan model, bu şartlarda dondurma mikslерinin K ve η_{50} değerlerini sırasıyla 6.44 Pa.sⁿ ve 0.29 Pa.s olarak tahmin etmektedir.

4.2.4.2 Ayran Örneklerinin Dinamik Fazdaki Reolojik Özellikleri

EPS üreten ayran kültürü ile farklı inkübasyon sıcaklığında ve süresinde üretilen ayran örneklerinin yatışkan faz reolojik analizleri ile akış davranışı belirlendikten sonra, ayran örneklerinin viskoelastik özelliklerinin belirlenmesi için frekans taraması testleri gerçekleştirilmiştir. Şekil 41, ayran örneklerinin açısal hıza bağlı olarak G' (depo modülü) ve G'' (kayıp modülü) değerlerindeki değişimi göstermektedir.



Şekil 41. Suş 1 ile hazırlanan dondurma mikserinin açısız hıza bağılı olarak G' (kapalı sembol) ve G'' (açık sembol) değerlerindeki değişim

Farklı inkübasyon koşullarında üretilen ayran örneklerinin G' ve G'' değerleri açısız hız arttıkça artmaktadır. İnkübasyon sıcaklığının ve süresinin bu değerleri önemli derecede etkilediği gözlemlenmektedir. Suş 1 kullanılarak hazırlanan R1 örneğinde G'' değerlerinin G' değerlerinden daha yüksek olduğu görölmektedir. Bu durum R1 örneğinde viskoz davranışın hakim olduğunun göstergesidir. Diğer ayran örneklerinde ise G' değerinin G'' değerinden yüksek bulunması bu örneklerin viskoz davranışa nazaran elastik davranışın hakim olduğunu göstermektedir. Elde edilen datalara eşitlik 5 ve 6 fit edilerek, eğim (K' , K'') ve kesim noktaları (n' , n'') hesaplanmıştır. Tablo 48' de ayran örnekleri için hesaplanan ilgili parametreler belirtilmiştir.

Tablo 48. Suş 1 ile hazırlanan ayran örneklerine ait K' , n' , K'' , n'' ve 5.38 frekanstaki G' ve G'' değerleri

Örnek	$G' = K'(\omega)^{n'}$			$G' \text{ (Pa)}$ f(5.38)	$G'' = K''(\omega)^{n''}$			$G'' \text{ (Pa)}$ f(5.38)
	$K' \text{ (Pa)}$	n'	$R^{2'}$		$K'' \text{ (Pa)}$	n''	$R^{2''}$	
R1	0.0134	0.9992	0.9088	0.304	0.0485	0.4590	0.9412	0.2540
R2	0.9196	0.3900	0.8579	3.093	0.4698	0.3011	0.9722	1.4100
R3	3.4404	0.1992	0.8996	6.753	1.0812	0.2627	0.9286	2.7300
R4	0.9327	0.3889	0.8566	3.496	0.5939	0.3207	0.9767	1.9667
R5	4.7861	0.1735	0.9503	8.840	1.5173	0.2375	0.8924	3.3900
R6	5.1025	0.1764	0.9203	9.440	1.5024	0.2485	0.8931	3.4600



R7	9.9917	0.1842	0.9734	18.76	2.6256	0.2441	0.9477	6.0133
R8	2.9585	0.2427	0.8819	6.633	1.1750	0.2352	0.8762	2.6767
R9	11.872	0.1712	0.9600	21.30	3.5427	0.1833	0.9085	6.6200
R10	20.775	0.1550	0.9765	35.30	5.2459	0.1923	0.9636	10.290

Ayran örneklerinin 5.38 Hz deki G' değerleri 0.304 Pa ile 35.30 Pa arasında değişiklik gösterirken, G'' değerleri 0.2540 Pa ile 0.29 Pa arasında değişmiştir. G' değeri için oluşturulan power-law modelinin R^2 değeri 0.8566 ile 0.9765 arasında bulunmuşken, G'' için oluşturulan modellerin R^2 değeri 0.8762 ile 0.9767 arasında bulunmuştur (Tablo 46). R^2 değerlerinden anlaşılacağı gibi G' ve G'' değerlerinin frekans ile ilişkisi power-law modeli ile başarılı bir şekilde açıklanabilmektedir. Suş 1 kullanılarak farklı koşullarda hazırlanan ayran örneklerinin K' ve n' değerleri sırasıyla 0.0134 - 20.775 Pa ve 0.1550 - 0.9992 arasında bulunmuştur. Ayran örneklerinin K'' ve n'' değerleri sırasıyla 0.0485 - 5.2459 Pa ve 0.1833 - 0.4590 arasında değişiklik göstermiştir. Suş 1 kullanılarak hazırlanan R1 haricindeki ayran örneklerinde elastik özelliğin hakim olduğu görülmüştür. Çünkü R1 haricindeki ayran örneklerinin K' değeri K'' değerinden yüksek bulunmuştur. Dinamik reolojik ölçümlerden elde edilen parametrelerin inkübasyon sıcaklığına ve süresine bağlı değişimini gözlemleyebilmek için elde edilen parametreler, yanıt yüzey metodu ile modellenmiştir. Oluşturulan model parametrelerinin anlamlılık derecesi ve F değerleri Tablo 49' da gösterilmiştir.

Tablo 49. Suş 1 kullanılarak üretilen ayran örnekleri için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri

Faktörler	K' (Pa)	n'	G'	K'' (Pa)	n''	G''
Model	2FI	Quadratic	2FI	Quadrati	2FI	Quadrati
x_1 (sıcaklık)	475.94 ^a	46.56 ^a	464.87 ^a	290.53 ^a	202.57 ^a	151.17 ^a
x_2 (süre)	472.88 ^a	56.27 ^a	426.36 ^a	219.15 ^a	108.85 ^a	129.50 ^a
$x_1 * x_2$	18.69 ^a	24.30 ^a	17.95 ^a	5.95 ^c	28.48 ^a	-
$x_1 * x_1$	-	6.28 ^c	-	-	0.16	-
$x_2 * x_2$	-	7.55 ^c	-	-	28.48 ^a	-
$x_1^2 * x_2$	-	-	-	-	-	-
$x_1 * x_2^2$	-	-	-	-	-	-
lack of fit	7.46	461.17	5.71	410.40	2.31	119.16
R^2	0.9938	0.9729	0.9934	0.9885	0.9893	0.9757
adj- R^2	0.9908	0.9391	0.9902	0.9827	0.9758	0.9687
pred- R^2	0.9751	0.7158	0.9659	0.9448	0.8932	0.9352
adeq pre	56.238	16.804	54.492	41.116	28.456	35.292

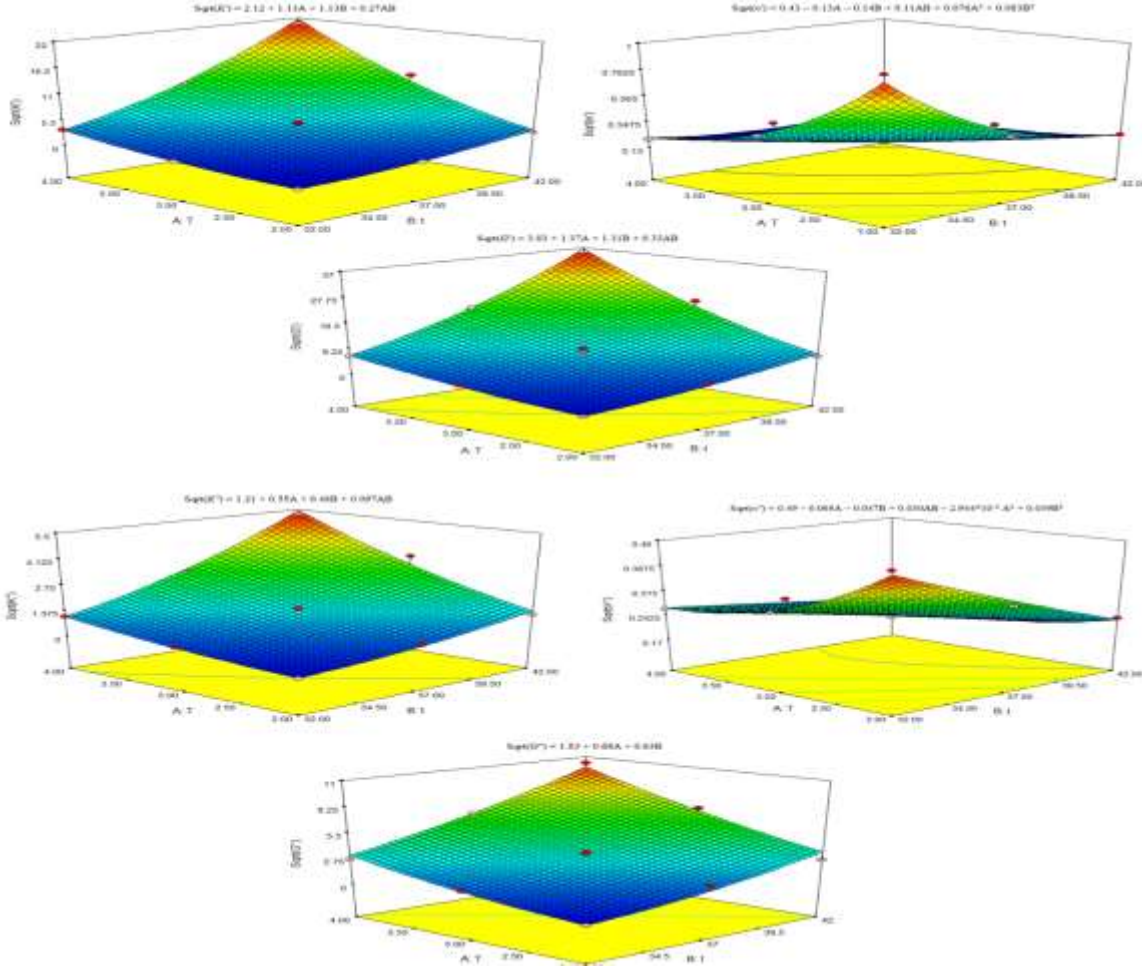
^a $p \leq 0.01$

^b $p \leq 0.05$

^c $p \leq 0.1$

Oluşturulan modellerin R^2 değerleri incelendiğinde, oluşturulan modellerin ilgili parametrelerin inkübasyon sıcaklığı ve süresine bağlı tahmin edilebilmesi için yeterli olduğu görülmektedir.

Tablo 49'dan görüldüğü gibi lineer terimler (x_1 ve x_2) tüm dinamik parametreler için önemlidir. Lineer terimlere ilave olarak G'' haricindeki tüm parametreler için cross terimi ($x_1 \cdot x_2$) önemli bulunmuştur. Sıcaklık ve sürenin kuadratik etkisi (x_1^2 ve x_2^2) ise n' ve n'' parametreleri için önemli bulunmuştur. Şekil 42, dinamik reolojik ölçümler sonucu elde edilen parametrelerin büyüklüğünün inkübasyon sıcaklığına ve süresine bağlı değişimini göstermektedir. Şekilden de görüldüğü gibi sıcaklık ve süre arttıkça bu parametrelerin değerleri artış göstermektedir.

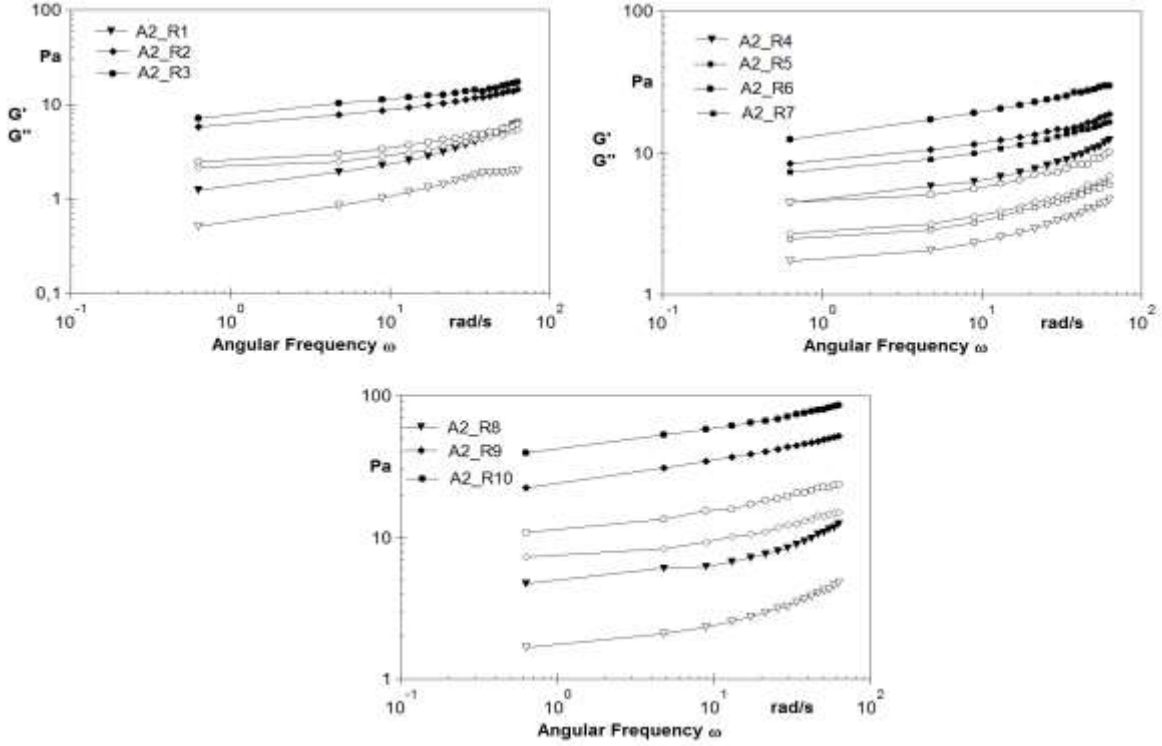


Şekil 42. Suş 1 ile üretilen ayran örneklerine ait dinamik reolojik ölçümlerden elde edilen parametrelerin değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi

Bu kısımdaki optimizasyon G' , K' , G'' ve K'' değerleri maksimum olacak şekilde yapılmıştır. Belirtilen bu şartlara göre optimizasyon gerçekleştirildiğinde, en uygun inkübasyon şartı 42 °C'de 4 saat olduğu belirlenmiştir. Bu şartlarda tahmin edilen G' , K' , G'' ve K'' değerleri ise sırasıyla 36.51 Pa, 21.70 Pa, 9.85 Pa ve 5.44 Pa olarak tahmin edilmiştir.

EPS üreten 2. suş kullanılarak üretilen ayran örneklerinde de frekans sweep (tarama) testi gerçekleştirilmiş ve açılmalara bağlı olarak G' ve G'' değerlerindeki değişim Şekil 43'de

gösterilmiştir. Şekil 43'de görüldüğü gibi, suş 2 (EPS üreten 2. ayran kültürü) kullanılarak farklı inkübasyon sıcaklığı ve süresinde hazırlanan ayran örneklerinin G' değeri (şekildeki kapalı formül) G'' değerlerinden (şekildeki açık formül) daha yüksek bulunmuştur. Bu durum örneklerde sıvı özellikten ziyade katı özelliğin baskın olduğunu göstermektedir. Analiz edilen bütün ayran örneklerinde G' ve G'' değeri açısal hız arttıkça artmaktadır.



Şekil 43. Suş 2 ile hazırlanan ayran örneklerinin açısal hıza bağlı olarak G' (kapalı sembol) ve G'' (açık sembol) değerlerindeki değişim

Elde edilen açısal hıza bağlı G' ve G'' datalarına eşitlik 5 ve 6 fit edilerek, eğim (K' , K'') ve kesim noktaları (n' , n'') hesaplanmıştır. Hesaplanan bu parametreler ve 5.38 Hz'deki ayran örneklerine ait G' ve G'' değerleri Tablo 50'de gösterilmiştir.

Tablo 50. Suş 2 ile hazırlanan ayran örneklerine ait K' , n' , K'' , n'' ve 5.38 frekanstaki G' ve G'' değerleri

Örnek	$G' = K'(\omega)^{n'}$			$G' \text{ (Pa)}$ f(5.38)	$G'' = K''(\omega)^{n''}$			$G'' \text{ (Pa)}$ f(5.38)
	$K' \text{ (Pa)}$	n'	R^2		$K'' \text{ (Pa)}$	n''	R^2	
R1	1.2193	0.3529	0.9453	4.02	0.5290	0.3219	0.9770	1.74
R2	5.6554	0.2097	0.9773	11.60	1.8600	0.2446	0.9611	4.38
R3	7.7523	0.1823	0.9767	14.92	2.1466	0.2458	0.9669	4.98
R4	4.3667	0.2220	0.9480	9.19	1.4965	0.2475	0.9528	3.49
R5	7.9774	0.1790	0.9610	14.67	2.4069	0.2195	0.9529	5.13
R6	7.7894	0.1896	0.9769	15.03	2.4391	0.2196	0.9367	5.18



R7	13.522	0.1904	0.9875	25.93	3.9793	0.2097	0.9558	8.15
R8	5.1805	0.2579	0.9766	12.53	2.2717	0.1892	0.9609	4.45
R9	22.202	0.1783	0.9884	41.15	6.4385	0.1760	0.9304	11.88
R10	38.151	0.1747	0.9926	69.77	10.498	0.1810	0.9304	19.80

Ayran örneklerinin 5.38 Hz deki G' ve G'' değerleri sırasıyla 4.02 - 69.77 Pa ve 1.74 - 19.80 Pa arasında değişiklik göstermiştir. G' değeri için oluşturulan power-law modelinin R^2 değeri 0.9453 ile 0.9926 arasında bulunmuşken, G'' için oluşturulan modellerin R^2 değeri 0.9304 ile 0.9770 arasında bulunmuştur (Tablo 48). R^2 değerleri dikkate alındığında, G' ve G'' değerlerinin frekans ile ilişkisi power-law modeli ile başarılı bir şekilde açıklanabileceği görülmektedir. Suş 2 kullanılarak Tablo 1'de belirtilen koşullarda hazırlanan ayran örneklerinin K' ve n' değerleri sırasıyla 1.2193 - 38.151 Pa ve 0.1747 - 0.3529 arasında bulunmuştur. Ayran örneklerinin K'' ve n'' değerleri ise sırasıyla 0.5290 - 10.498 Pa ve 0.1760 - 0.3219 arasında değişiklik göstermiştir. Suş 2 kullanılarak hazırlanan ayran örneklerinin K' değeri K'' değerinden yüksek bulunmuştur. Bu durum suş 2 ile hazırlanan ayran örneklerinde elastik özelliğin hakim olduğunu göstermektedir. Ayran hazırlama aşamasında uygulanan inkübasyon sıcaklığı ve süresinin, ayran örneklerinin reolojik özelliklerini önemli şekilde etkilediği görülmektedir. Dinamik reolojik ölçümlerden elde edilen parametrelerin inkübasyon sıcaklığına ve süresine bağlı değişimini gözlemleyebilmek için elde edilen parametreler, yanıt yüzey metodu ile modellenmiştir. Oluşturulan model parametrelerinin anlamlılık derecesi ve F değerleri Tablo 51'de gösterilmiştir.

Tablo 51. Suş 2 kullanılarak üretilen ayran örnekleri için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri

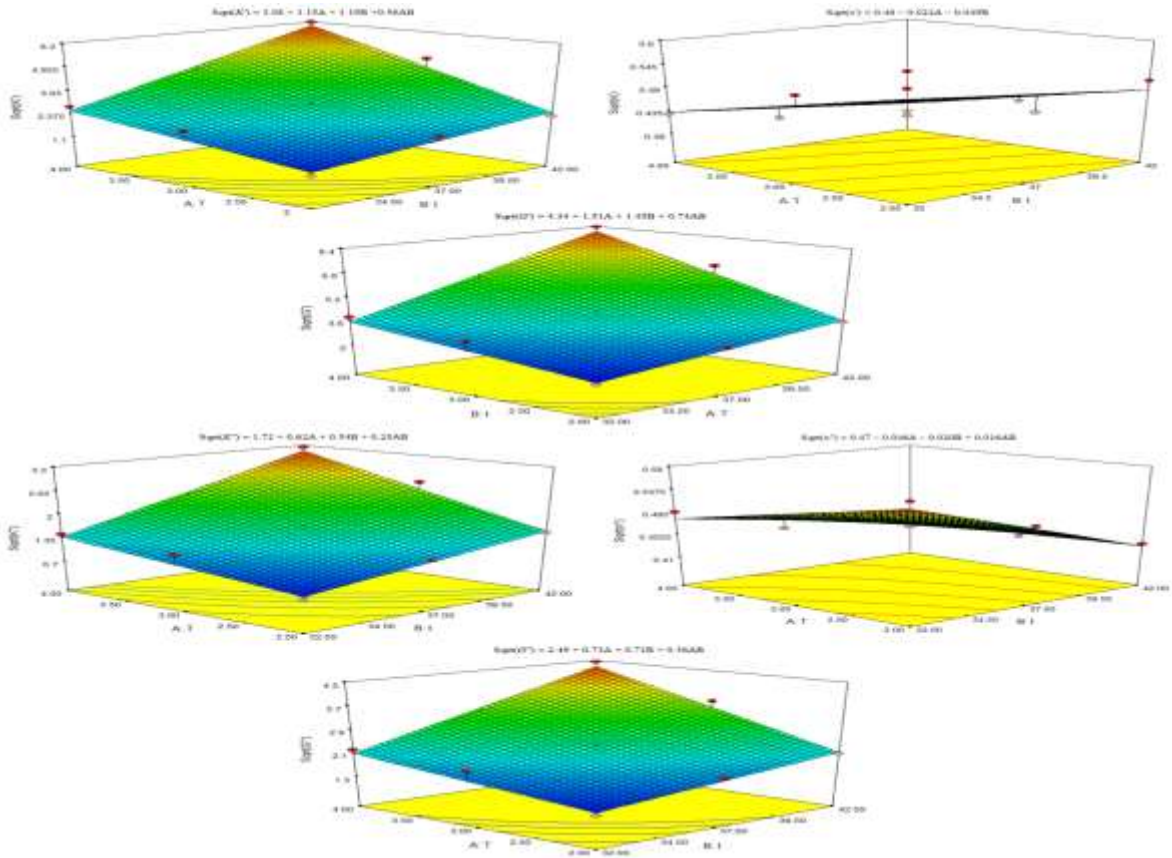
Faktörler	K' (Pa)	n'	G'	K'' (Pa)	n''	G''
Model	2FI	Linear	2FI	2FI	2FI	2FI
x_1 (sıcaklık)	41.67 ^a	1.97	43.87 ^a	53.35 ^a	71.67 ^a	43.76 ^a
x_2 (süre)	45.00 ^a	9.79 ^b	40.96 ^a	40.34 ^a	13.55 ^b	41.38 ^a
$x_1 * x_2$	6.48 ^b	-	7.05 ^b	5.70 ^c	5.38 ^c	7.06 ^b
$x_1 * x_1$	-	-	-	-	-	-
$x_2 * x_2$	-	-	-	-	-	-
$x_1^2 * x_2$	-	-	-	-	-	-
$x_1 * x_2^2$	-	-	-	-	-	-
lack of fit	407.40	22.27	328.55	970.06	20233	1645.4
R^2	0.9395	0.6269	0.9387	0.9431	0.9379	0.9389
adj- R^2	0.9092	0.5203	0.9081	0.9146	0.9068	0.9083
pred- R^2	0.8232	0.0965	0.8372	0.8545	0.7336	0.8344
adeq pre	16.995	6.756	16.814	17.629	15.681	16.844

a $p \leq 0.01$

b $p \leq 0.05$

c $p \leq 0.1$

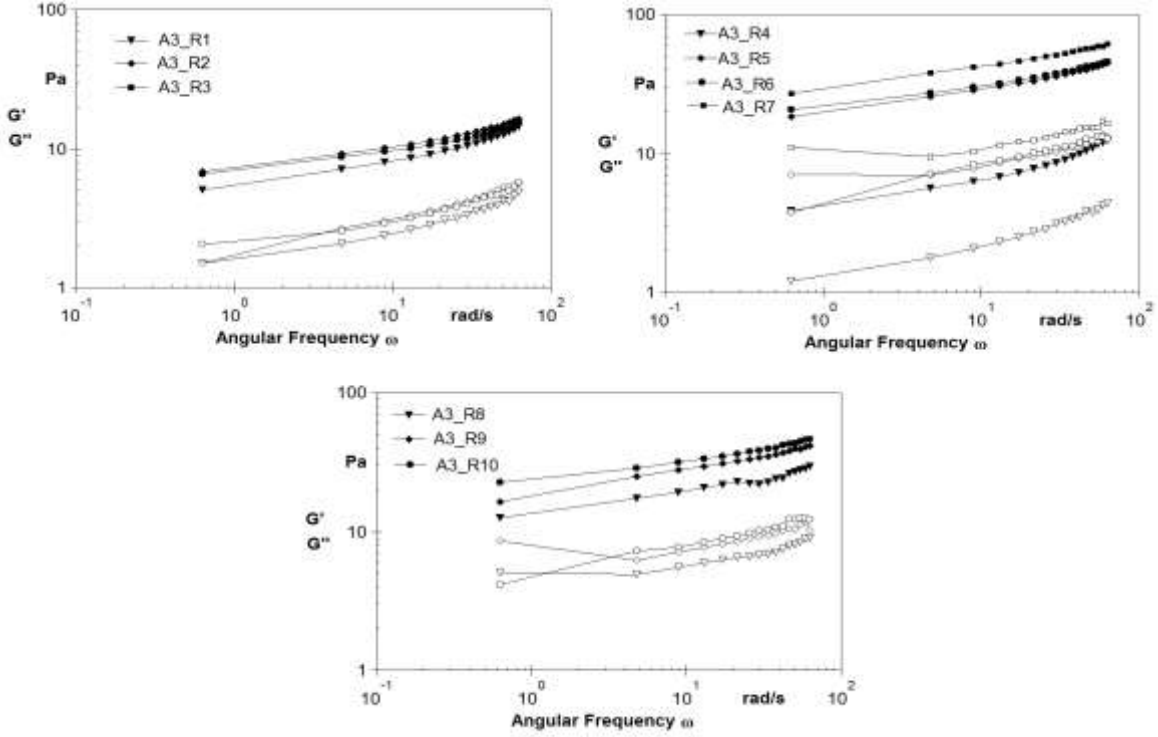
n' parametresi için oluşturulan modelin R^2 değeri 0.6269 olarak bulunmuştur. Bu düşük R^2 değeri, bu paramtre ile inkübasyon sıcaklığı ve süresi arasındaki korelasyonun düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Diğer parametreler için oluşturulan modellerin R^2 değerleri 0.9379 ile 0.9395 arasında bulunmuştur. Bire yakın bu R^2 değerleri, oluşturulan modellerin ilgili parametrelerin inkübasyon sıcaklığı ve süresine bağlı tahmin edilebileceğinin göstergesidir. Tablo 49'dan görüldüğü gibi linear terimler (x_1 ve x_2) tüm dinamik parametreler için önemlidir. Lineer terimlere ilave olarak n' haricindeki tüm parametreler için cross terimi ($x_1 \cdot x_2$) önemli bulunmuştur. Dinamik reolojik ölçümler sonucu elde edilen parametrelerin büyüklüğünün inkübasyon sıcaklığına ve süresine bağlı değişimi, Şekil 44'te gösterilmiştir.



Şekil 44. Suş 2 ile üretilen ayran örneklerine ait dinamik reolojik ölçümlerden elde edilen parametrelerin değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi

Şekilden de görüldüğü gibi sıcaklık ve süre arttıkça dinamik reolojik ölçümlerden elde edilen parametrelerin değerleri artmaktadır. Optimizasyon gerçekleştirildiğinde, en uygun inkübasyon şartı 42 °C'de 4 saat olduğu belirlenmiştir. Bu şartlarda tahmin edilen G' , K' , G'' ve K'' değerleri ise sırasıyla 68.83 Pa, 35.77 Pa, 19.35 Pa ve 10.35 Pa olarak tahmin edilmiştir. Suş 2 ile hazırlanan örneklerin viskoelastik parametrelerinin suş 1 ile hazırlanan örneklerden daha yüksek olduğu görülmektedir.

EPS üreten suşlarla hazırlanan ayran örneklerinin EPS üretmeyen suşlar ile hazırlanan örnekler arasındaki farkı gözlemleyebilmek için EPS üretmeyen ayran suşu kullanılmasıyla üretilen ayranların viskoelastik özellikleri belirlenmiştir. Suş 3 (kontrol suşu) kullanılarak hazırlanan ayran örneklerine ait açılma hızına bağlı G' ve G'' değerlerine bağlı değişimi Şekil 45'de gösterilmiştir.



Şekil 45. Suş 3 ile hazırlanan ayran örneklerinin açılma hızına bağlı olarak G' (kapalı sembol) ve G'' (açık sembol) değerlerindeki değişim

Şekil 45'de görüldüğü gibi, suş 3 kullanılarak farklı inkübasyon sıcaklığı ve süresinde hazırlanan ayran örneklerinin G' değeri, G'' değerlerinden daha yüksek bulunmuştur. Bu durum örneklerde sıvı özellikten ziyade katı özelliğin baskın olduğunu göstermektedir. Suş 3 ile hazırlanan ayran örneklerinde G' ve G'' değeri açılma hızı arttıkça artmaktadır. Elde edilen açılma hızına bağlı G' ve G'' datalarına eşitlik 5 ve 6 fit edilerek, eğim (K' , K'') ve kesim noktaları (n' , n'') hesaplanmıştır. Hesaplanan bu parametreler ve 5.38 Hz'deki ayran örneklerine ait G' ve G'' değerleri Tablo 52'de gösterilmiştir.

Tablo 52. Suş 3 ile hazırlanan ayran örneklerine ait K' , n' , K'' , n'' ve 5.38 frekanstaki G' ve G'' değerleri

Örnek	$G' = K'(\omega)^{n'}$			$G' \text{ (Pa)}$ f(5.38)	$G'' = K''(\omega)^{n''}$			$G'' \text{ (Pa)}$ f(5.38)
	$K' \text{ (Pa)}$	n'	R^2		$K'' \text{ (Pa)}$	n''	R^2	
R1	3.7937	0.2572	0.9483	9.04	1.1906	0.2877	0.9640	3.20
R2	6.4299	0.1917	0.9571	12.40	1.7593	0.2552	0.9589	4.10
R3	6.7713	0.1874	0.9561	13.03	1.9155	0.2303	0.9307	4.23
R4	5.1026	0.2246	0.9620	10.93	1.4572	0.2606	0.9484	3.58
R5	18.951	0.1910	0.9820	36.70	5.6424	0.1775	0.9486	10.73
R6	21.468	0.1832	0.9904	40.33	5.1674	0.1772	0.9707	11.30
R7	27.103	0.1739	0.9826	50.53	8.8731	0.1534	0.9077	13.57
R8	12.515	0.1811	0.9691	22.73	3.6528	0.1927	0.9450	6.93
R9	19.157	0.1765	0.9860	35.03	5.6237	0.1573	0.8911	9.64
R10	20.510	0.1665	0.9814	38.40	4.7860	0.2171	0.9134	9.78

Suş 3 ile hazırlanan ayran örneklerinin 5.38 Hz deki G' ve G'' değerleri sırasıyla 9.04 - 38.40 Pa ve 3.20 - 9.78 Pa arasında bulunmuştur. Ayran örneklerine ait G' ve G'' değerleri için oluşturulan power law modellerinin R^2 değerleri sırasıyla 0.9483 - 0.9904 ve 0.8911 - 0.9707 arasında bulunmuştur (Tablo 50). R^2 değerleri dikkate alındığında, G' ve G'' değerlerinin frekans ile ilişkisi power-law modeli ile başarılı bir şekilde açıklanabileceği görülmektedir. Suş 3 kullanılarak Tablo 1'de belirtilen koşullarda hazırlanan ayran örneklerinin K' ve n' değerleri sırasıyla 3.7937 - 20.510 Pa ve 0.1665 - 0.2572 arasında bulunmuştur. Ayran örneklerinin K'' ve n'' değerleri ise sırasıyla 1.1906 - 4.7860 Pa ve 0.1534 - 0.2877 arasında bulunmuştur. Suş 3 kullanılarak hazırlanan ayran örneklerinin K' değeri K'' değerinden yüksek bulunmuştur. Bu durum suş 3 ile hazırlanan ayran örneklerinde elastik özelliğin hakim olduğunu göstermektedir. Ayran hazırlama aşamasında uygulanan inkübasyon sıcaklığı ve süresinin, ayran örneklerinin reolojik özelliklerini önemli şekilde etkilediği görülmektedir. Dinamik reolojik ölçümlerden elde edilen parametrelerin inkübasyon sıcaklığına ve süresine bağlı değişimini gözlemleyebilmek için elde edilen parametreler, yanıt yüzey metodu ile modellenmiştir. Oluşturulan model parametrelerinin anlamlılık derecesi ve F değerleri Tablo 53' de gösterilmiştir.

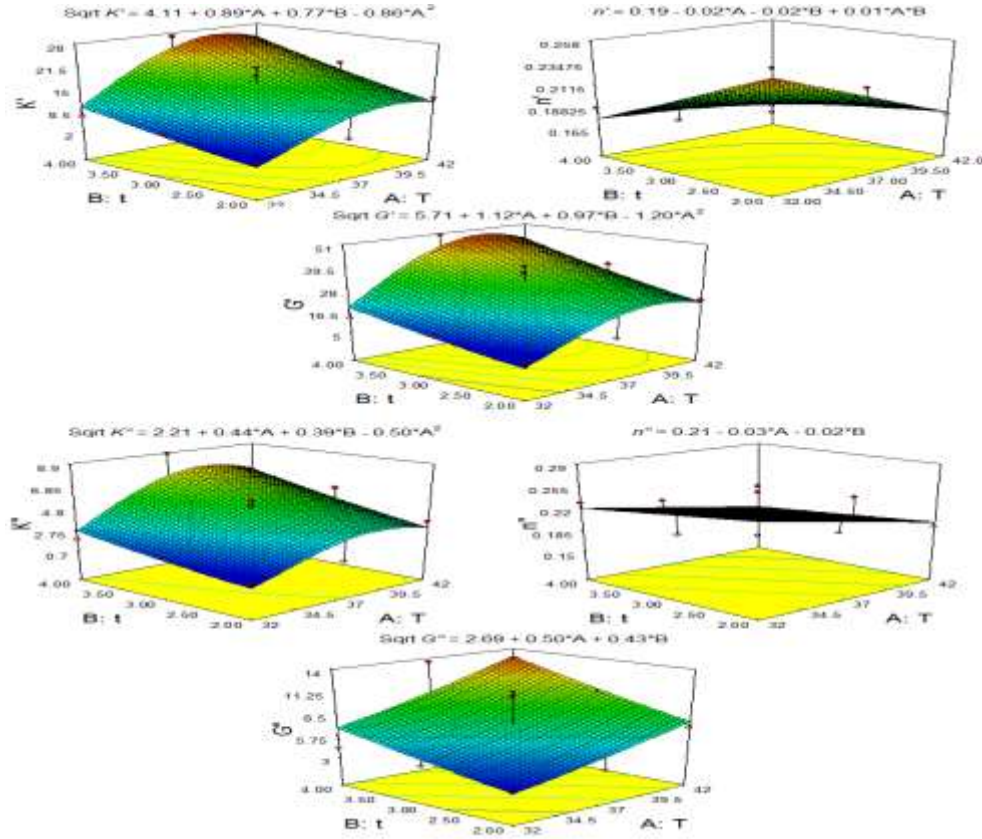
Tablo 53. Suş 3 kullanılarak üretilen ayran örnekleri için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri

Faktörler	$K' \text{ (Pa)}$	n'	G'	$K'' \text{ (Pa)}$	n''	G''
Model	2FI	2FI	Linear	Linear	Linear	Linear
x_1 (sıcaklık)	12.62 ^b	15.14 ^a	11.52 ^b	8.19 ^b	5.41 ^b	5.63 ^b
x_2 (süre)	9.27 ^b	21.92 ^a	8.62 ^b	6.30 ^b	2.50	4.09 ^c
$x_1 * x_2$	-	5.49 ^b	-	-	-	-
$x_1^2 * x_1$	4.66 ^b	-	5.27 ^b	4.08 ^c	-	-
$x_2^2 * x_2$	-	-	-	-	-	-
$x_1^2 * x_2$	-	-	-	-	-	-

$x_1 * x_2^2$	-	-	-	-	-	-
lack of fit	11.40	5.24	18.24	33.15	39900	84.86
R^2	0.8157	0.8764	0.8089	0.7557	0.5307	0.5814
adj- R^2	0.7235	0.8146	0.7134	0.6336	0.3966	0.4618
pred- R^2	0.4447	0.5130	0.4165	0.2216	-0.0948	0.1680
adeq pre	8.52	11.07	8.32	7.15	5.83	6.55

a $p \leq 0.01$
b $p \leq 0.05$
c $p \leq 0.1$

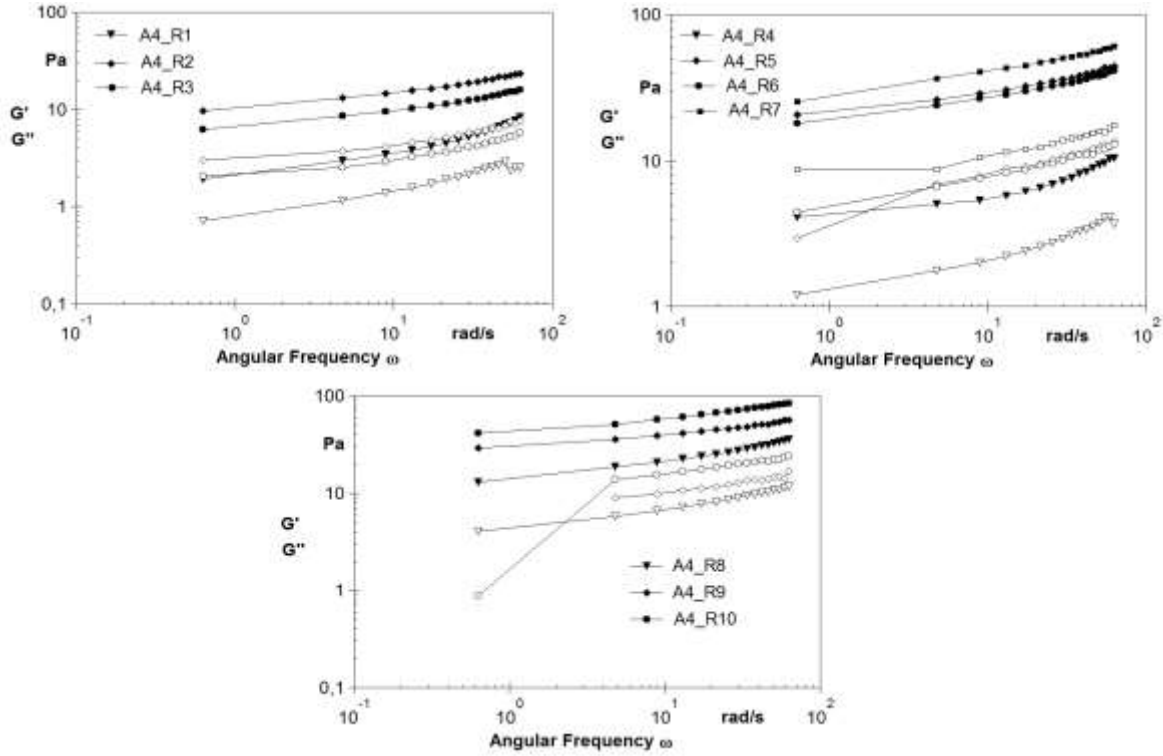
n'' ve G'' parametreleri için oluşturulan modellerin R^2 değerleri düşük bulunmuştur (0.5307 ve 0.5814). Diğer parametreler için oluşturulan modellerin R^2 değerleri 0.7557 ile 0.8764 arasında bulunmuştur. Tablo 53'den görüldüğü gibi lineer terimler (x_1 ve x_2) tüm dinamik parametreler için önemlidir. Lineer terimlere ilave olarak n' parametresi için cross terimi ($x_1 * x_2$); K' , G' ve K'' parametreleri için ise sıcaklığın kuadratik etkisi önemli bulunmuştur. Dinamik ölçümler sonucu elde edilen parametrelerin inkübasyon sıcaklığına ve süresine bağlı değişimi şekil 46'da gösterilmiştir.



Şekil 46. Suş 3 ile üretilen ayran örneklerine ait dinamik reolojik ölçümlerden elde edilen parametrelerin değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi

Şekil 46'dan da görüldüğü gibi sıcaklık ve süre arttıkça dinamik reolojik ölçümlerden elde edilen parametrelerin değerleri artmaktadır. Optimizasyon gerçekleştirildiğinde, en uygun inkübasyon şartı 40.45 °C'de 4 saat olduğu belirlenmiştir. Bu şartlarda tahmin edilen G' , K' , G'' ve K'' değerleri ise sırasıyla 47.37 Pa, 25.87 Pa, 12.00 Pa ve 7.13 Pa olarak tahmin edilmiştir.

Proje kapsamında üretilen dördüncü ayran da EPS üreten 1. ve 2. suşların karışımı kullanılarak hazırlanmıştır. Suş 4 kullanılarak hazırlanan ayran örneklerine ait G' ve G'' değerlerinin açısal hıza bağlı değişimi şekil 47'de gösterilmiştir.



Şekil 47. Suş 4 ile hazırlanan ayran örneklerinin açısal hıza bağlı olarak G' (kapalı sembol) ve G'' (açık sembol) değerlerindeki değişim

Şekil 47'de görüldüğü gibi, suş 4 kullanılarak farklı inkübasyon sıcaklığı ve süresinde hazırlanan ayran örneklerinin G' değeri, G'' değerlerinden daha yüksek bulunmuştur. Bu durum örneklerin elastik özelliğe sahip olduğunu göstermektedir. Suş 4 ile hazırlanan ayran örneklerinde G' ve G'' değeri açısal hız arttıkça artmaktadır. Elde edilen açısal hıza bağlı G' ve G'' datalarına eşitlik 5 ve 6 fit edilerek, eğim (K' , K'') ve kesim noktaları (n' , n'') hesaplanmıştır. Hesaplanan bu parametreler ve 5.38 Hz'deki ayran örneklerine ait G' ve G'' değerleri Tablo 54'de gösterilmiştir.

Tablo 54. Suş 3 ile hazırlanan ayran örneklerine ait K' , n' , K'' , n'' ve 5.38 frekanstaki G' ve G'' değerleri

Örnek	$G' = K'(\omega)^{n'}$			G' f(5.38)	$G'' = K''(\omega)^{n''}$			G'' (Pa) f(5.38)
	K' (Pa)	n'	R^2		K'' (Pa)	n''	R^2	
R1	1.923	0.310	0.917	5.49	0.7223	0.314	0.946	2.24
R2	6.481	0.202	0.961	12.97	1.9414	0.237	0.910	4.33
R3	9.967	0.195	0.968	19.47	2.8029	0.221	0.922	5.94
R4	3.623	0.228	0.863	7.75	1.2096	0.280	0.930	3.18
R5	20.53	0.181	0.974	38.85	4.8991	0.246	0.945	11.30
R6	18.52	0.188	0.969	34.15	4.4861	0.239	0.984	10.50
R7	26.01	0.185	0.984	49.50	7.8949	0.158	0.846	13.70
R8	13.38	0.205	0.964	27.17	4.0466	0.216	0.955	8.63
R9	27.32	0.162	0.963	47.60	6.1414	0.236	0.942	13.80
R10	41.30	0.166	0.977	73.67	6.7580	0.360	0.988	20.50

Suş 4 kullanılarak hazırlanan ayran örneklerinin 5.38 Hz deki G' ve G'' değerleri sırasıyla 5.49 - 73.67 Pa ve 2.24 - 20.50 Pa arasında bulunmuştur. Ayran örneklerine ait G' ve G'' değerleri için oluşturulan power law modellerinin R^2 değerleri sırasıyla 0.8631 - 0.9842 ve 0.9104 - 0.9883 arasında bulunmuştur (Tablo 52). R^2 değerleri dikkate alındığında, G' ve G'' değerlerinin frekans ile ilişkisi power-law modeli ile başarılı bir şekilde açıklanabileceği görülmektedir. Suş 4 kullanılarak hazırlanan ayran örneklerinin K' ve n' değerleri sırasıyla 1.9235 - 41.304 Pa ve 0.1628 - 0.2280 arasında bulunmuştur. Ayran örneklerinin K'' ve n'' değerleri ise sırasıyla 0.7223 - 6.7580 Pa ve 0.1580 - 0.3602 arasında bulunmuştur. Suş 4 kullanılarak hazırlanan ayran örneklerinin K' değeri K'' değerinden yüksek bulunmuştur. Bu durum suş 4 ile hazırlanan ayran örneklerinde elastik özelliğin hakim olduğunu göstermektedir. Ayran hazırlama aşamasında uygulanan inkübasyon sıcaklığı ve süresinin, ayran örneklerinin reolojik özelliklerini önemli şekilde etkilediği görülmektedir. Dinamik reolojik ölçümlerden elde edilen parametrelerin inkübasyon sıcaklığına ve süresine bağlı değişimini gözlemleyebilmek için elde edilen parametreler, yanıt yüzey metodu ile modellenmiştir. Oluşturulan model parametrelerinin anlamlılık derecesi ve F değerleri Tablo 55' te gösterilmiştir.

Tablo 55. Suş 4 kullanılarak üretilen ayran örnekleri için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri

Faktörler	K' (Pa)	n'	G'	K'' (Pa)	n''	G''
Model	Linear	Quadratic	Linear	Linear	Linear	Linear
x_1 (sıcaklık)	76.91 ^a	28.74 ^a	44.45 ^a	21.24 ^a	0.12	49.27 ^a
x_2 (süre)	68.06 ^a	36.54 ^a	39.07 ^a	20.58 ^a	0.40	36.52 ^a
$x_1 * x_2$	-	8.32 ^b	-	-	6.45	-
$x_1 * x_1$	-	-	-	-	-	-
$x_2 * x_2$	4.89 ^b	13.36 ^b	-	-	-	-

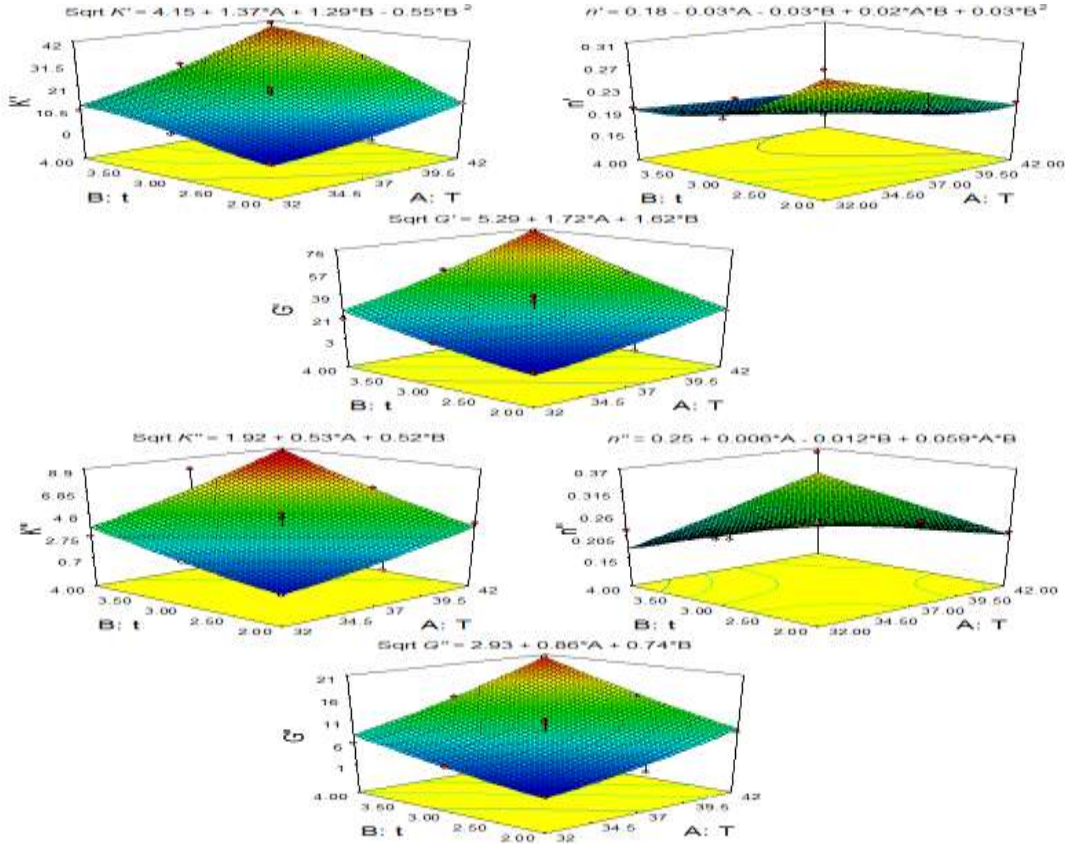
$x_1^2*x_2$	-	-	-	-	-	-
$x_1*x_2^2$	-	-	-	-	-	-
lack of fit	6.57	8.39	6.01	20.09	88.24	14.19
R^2	0.9615	0.9456	0.9227	0.8566	0.5375	0.9246
adj- R^2	0.9423	0.9021	0.9006	0.8157	0.3062	0.9030
pred- R^2	0.8852	0.6316	0.8493	0.6860	-1.4205	0.8543
adeq pre	21.97	15.06	19.26	13.63	4.83	19.47

a $p \leq 0.01$

b $p \leq 0.05$

c $p \leq 0.1$

n'' haricindeki parametreler için oluşturulan modellerin ilgili parametreleri yeterli şekilde tahmin edebileceği R^2 değerlerinden anlaşılmaktadır (0.8566 - 0.9615). Tablo 53'den görüldüğü gibi linear terimler (x_1 ve x_2) tüm dinamik parametreler için önemlidir. Lineer terimlere ilave olarak n' ve n'' parametreleri için cross terimi (x_1*x_2); K' ve n' parametreleri için ise sürenin kuadratik etkisi önemli bulunmuştur. Dinamik ölçümler sonucu elde edilen parametrelerin inkübasyon sıcaklığı ve süresine bağlı değişimi şekil 48'de gösterilmiştir.



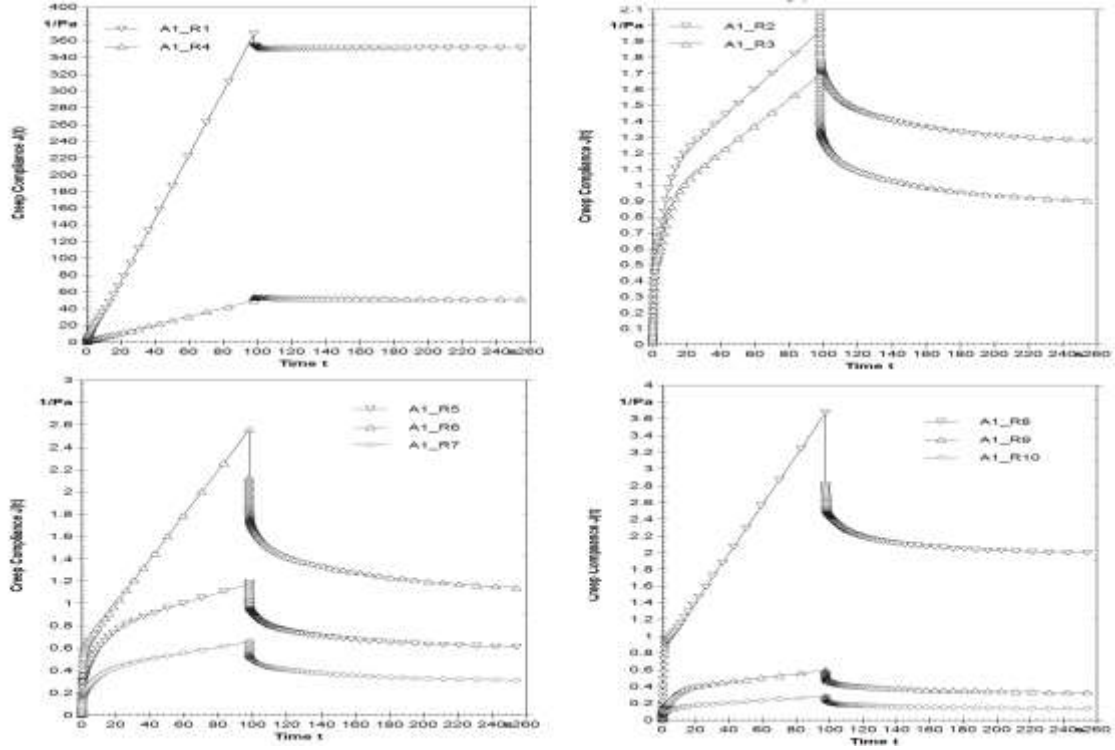
Şekil 48. Suş 4 ile üretilen ayran örneklerine ait dinamik reolojik ölçümlerden elde edilen parametrelerin değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi

Şekil 48'den görüldüğü gibi sıcaklık ve süre arttıkça dinamik reolojik ölçümlerden elde edilen parametrelerin değerleri artmaktadır. Optimizasyon gerçekleştirildiğinde, en uygun inkübasyon

şartı 42 °C'de 4 saat olduğu belirlenmiştir. Bu şartlarda tahmin edilen G' , K' , G'' ve K'' değerleri ise sırasıyla 74.53 Pa, 39.25 Pa, 20.53 Pa ve 8.84 Pa olarak tahmin edilmiştir.

4.2.4.3 Ayran Örneklerinin Sürünme Toparlanma Reolojik Özellikleri

Ayran örneklerinin viskoelastik özelliklerinin belirlenmesi için uygulanan diğer testte sürünme toparlanma testidir. Suş 1 kullanılarak üretilen dondurma mikslерinin zamana bağlı J (kopmadan uzayabilme) değerleri Şekil 49'da gösterilmiştir.



Şekil 49. Suş 1 ile hazırlanan ayran örneklerine ait zamana karşı $J(t)$ değerleri

Şekilden de görüldüğü gibi ayran örneklerinde meydana gelen deformasyon creep fazında (ilk 97.9 saniyelik bölüm) zaman arttıkça artmaktadır. Daha sonra recovery (geri dönüşüm fazında) yani örnek üzerinde uygulanan 0.1 Pa'lık basınç kaldırıldıktan sonra ayran örneklerinin kendilerini bir miktar toparladıkları görülmektedir. Ayran hazırlama aşamasında uygulanan inkübasyon sıcaklığı ve süresi örneklerde meydana gelen deformasyonu önemli şekilde etkilemektedir. Tablo 54, ayran örneklerine ait sürünme toparlanma fazı sonucu elde edilen J_{max} (creep fazındaki maximum deformasyon değeri) ve J_{sonsuz} (recovery fazının sonundaki compliance değeri) değerlerini göstermektedir.

Tablo 56. Suş 1 ile hazırlanan ayran örneklerine ait J_{max} ve J_{sonsuz} değerleri



Örnekler	J_{max} (1/Pa)	J_{sonsuz} (1/Pa)
R1	368.00	351.00
R2	7.94	5.66
R3	1.86	1.06
R4	47.35	45.20
R5	2.52	1.47
R6	2.75	1.70
R7	0.60	0.29
R8	2.68	1.57
R9	0.58	0.32
R10	0.31	0.15

Tablodan da görüldüğü gibi farklı inkübasyon koşullarında hazırlanan ayran örneklerinin J_{max} ve J_{sonsuz} değerleri arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır. Ayran örneklerinin J_{max} ve J_{sonsuz} değerleri sırasıyla 0.31 - 368 1/Pa ve 0.15 – 351.00 1/Pa arasında değiştiği görülmektedir. Farklı şartlarda üretilen ayran örneklerinin J_{max} değerinin J_{sonsuz} değerinden yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum örneklerin üzerinden uygulanan basınç kaldırıldığında bir miktar geri toraplandıklarını göstermektedir. J_{max} ve J_{sonsuz} değerlerinin inkübasyon sıcaklığı ve süresine bağlı değişimini görebilmek için yanıt yüzey metodu uygulanmış ve model parametrelerine ait F değerleri ve anlamlılık düzeyi Tablo 57'de gösterilmiştir.

Tablo 57. Suş 1 kullanılarak üretilen ayran örnekleri için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri

Faktörler	J_{max}	J_{sonsuz}
Model	Quadratic	Quadratic
x_1 (sıcaklık)	7.63 ^b	7.33 ^b
x_2 (süre)	12.05 ^b	11.47 ^b
$x_1 * x_2$	7.63 ^b	7.75 ^b
$x_1 * x_1$	-	-
$x_2 * x_2$	-	-
$x_1^2 * x_2$	-	-
$x_1 * x_2^2$	-	-
lack of fit	4232	2563
R^2	0.8199	0.8157
adj- R^2	0.7298	0.7235
pred- R^2	0.0568	0.0627
adeq pre	8.85	8.77

a $p \leq 0.01$

b $p \leq 0.05$

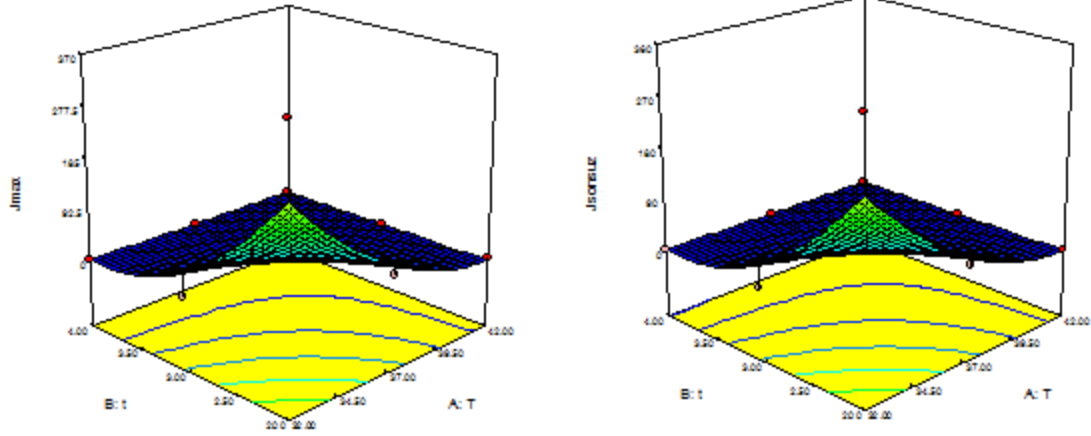
c $p \leq 0.1$

Tablo 57'den görüldüğü gibi J_{max} ve J_{sonsuz} parametreleri için oluşturulan modellerin R^2 değerleri sırasıyla 0.8199 ve 0.8157 olarak bulunmuştur. J_{max} ve J_{sonsuz} parametreleri için linear terimler

(x_1 ve x_2) ve croos terimi ($x_1 \cdot x_2$) önemli bulunmuştur. J_{max} ve J_{sonsuz} parametrelerinin inkübasyon sıcaklığına ve süresine bağlı değişimi şekil 50'de gösterilmiştir.

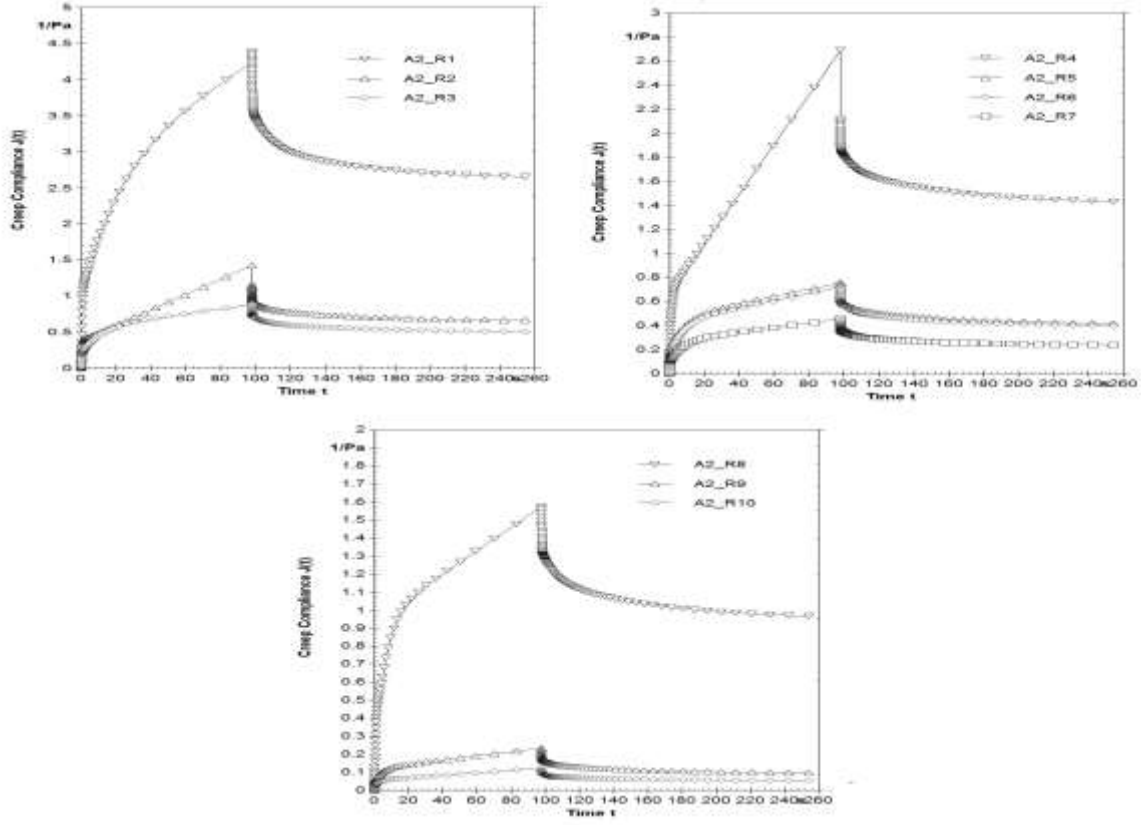
$$\text{Sqrt } J_{max} = 3.8 - 3.4 \cdot A - 4.2 \cdot B + 4.1 \cdot A \cdot B$$

$$\text{Sqrt } J_s = 3.4 - 3.3 \cdot A - 4.1 \cdot B + 4.2 \cdot A \cdot B$$



Şekil 50. Suş 1 ile üretilen ayran örneklerine ait J_{max} ve J_{sonsuz} değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi

Şekilden de görüldüğü gibi inkübasyon sıcaklığı ve süresi arttıkça üretilen EPS miktarının artmasına bağlı olarak örneklerin J_{max} ve J_{sonsuz} değerlerinde azalma görülmektedir. Optimizasyon örneklerin uygulanan kuvvete bağlı deformasyonun en az olacağı noktanın elde edilmesine yönelik yapılmıştır. Başka bir ifadeyle örneklerin deformasyona karşı direncinin en yüksek olduğu noktanın belirlenmesi amaçlanmıştır. Suş 1 kullanılarak ayran üretimi gerçekleştirilirken inkübasyonun 42 °C'de 4 saat yapılması ile örneklerin deformasyonunun en aza indirgeneceği belirlenmiştir. Diğer bir EPS üreten suş olan suş 2 kullanılarak üretilen ayran örneklerinin zamana bağlı J değerlerindeki değişim şekil 51'de gösterilmiştir.



Şekil 51. Suş 2 ile hazırlanan ayran örneklerine ait zamana karşı $J(t)$ değerleri

Şekilden de görüldüğü gibi ayran örneklerinde meydana gelen deformasyon creep fazında zaman arttıkça artmaktadır. Recovery fazında ise ayran örneklerinin kendilerini bir miktar topladıkları görülmektedir. Ayran hazırlama aşamasında uygulanan inkübasyon sıcaklığı ve süresi örneklerde meydana gelen deformasyonu önemli şekilde etkilemektedir. Tablo 56, ayran örneklerine ait sürünme toparlanma fazı sonucu elde edilen J_{max} (creep fazındaki maximum deformasyon değeri) ve J_{sonsuz} (recovery fazının sonundaki compliance değeri) değerlerini göstermektedir.

Tablo 58. Suş 2 ile hazırlanan ayran örneklerine ait J_{max} ve J_{sonsuz} değerleri

Örnekler	J_{max} (1/Pa)	J_{sonsuz} (1/Pa)
R1	4.393	2.715
R2	1.223	0.633
R3	0.892	0.492
R4	2.807	1.713
R5	0.740	0.405
R6	0.722	0.395
R7	0.457	0.235
R8	1.835	1.202
R9	0.254	0.115
R10	0.124	0.054



Suş 2 kullanılarak hazırlanan ayran örneklerinin J_{max} ve J_{sonsuz} değerleri arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır. Tablodan görüldüğü gibi ayran hazırlama aşamasında uygulanan inkübasyon şartları ayran örneklerinin sürünme toparlanma özelliklerini önemli şekilde etkilemektedir. Ayran örneklerinin J_{max} ve J_{sonsuz} değerleri sırasıyla 0.124 – 4.393 1/Pa ve 0.054 – 2.715 1/Pa arasında değiştiği görülmektedir. Farklı şartlarda üretilen ayran örneklerinin J_{max} değerinin J_{sonsuz} değerinden yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum örneklere analiz sırasında uygulanan basınç ortadan kaldırıldığında örneklerin kendilerini topladığının göstergesidir. Elde edilen J_{max} ve J_{sonsuz} değerlerinin üzerinde inkübasyon sıcaklığı ve süresinin etkisini görebilmek için elde edilen parametreler yanıt yüzey metodu ile modellenmiştir. Model parametrelerine ait F değerleri ve anlamlılık düzeyi Tablo 59'da gösterilmiştir.

Tablo 59. Suş 2 kullanılarak üretilen ayran örnekleri için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri

Faktörler	J_{max}	J_{sonsuz}
Model	Quadratic	Quadratic
x_1 (sıcaklık)	322 ^a	223 ^a
x_2 (süre)	853 ^a	708 ^a
$x_1 * x_2$	-	-
$x_1 * x_1$	-	-
$x_2 * x_2$	154 ^a	143 ^a
$x_1^2 * x_2$	-	-
$x_1 * x_2^2$	-	-
lack of fit	44.29	62.64
R^2	0.9955	0.9944
adj- R^2	0.9933	0.9917
pred- R^2	0.9850	0.9841
adeq pre	60.85	53.61

a $p \leq 0.01$

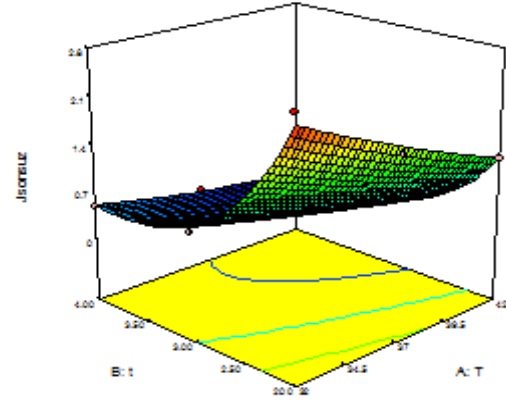
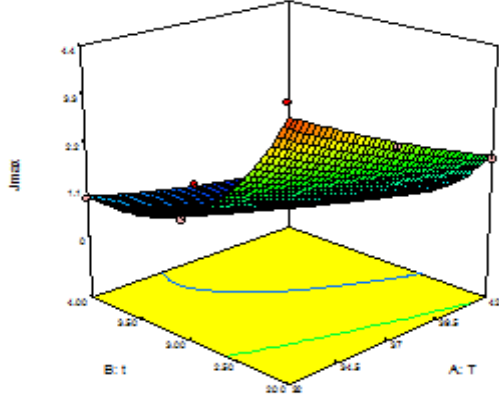
b $p \leq 0.05$

c $p \leq 0.1$

J_{max} ve J_{sonsuz} parametreleri için oluşturulan modellerin R^2 değerleri sırasıyla 0.9955 ve 0.9944 olarak bulunmuştur (Tablo 57). J_{max} ve J_{sonsuz} parametreleri için linear terimler (x_1 ve x_2) ve sürenin kuadratik etkisi (x_1^2) önemli bulunmuştur. J_{max} ve J_{sonsuz} parametrelerinin inkübasyon sıcaklığına ve süresine bağlı değişimi şekil 52'de gösterilmiştir.

$$\text{Sqrt } J_{max} = 0.83 - 0.32*A - 0.53*B + 0.35*B^2$$

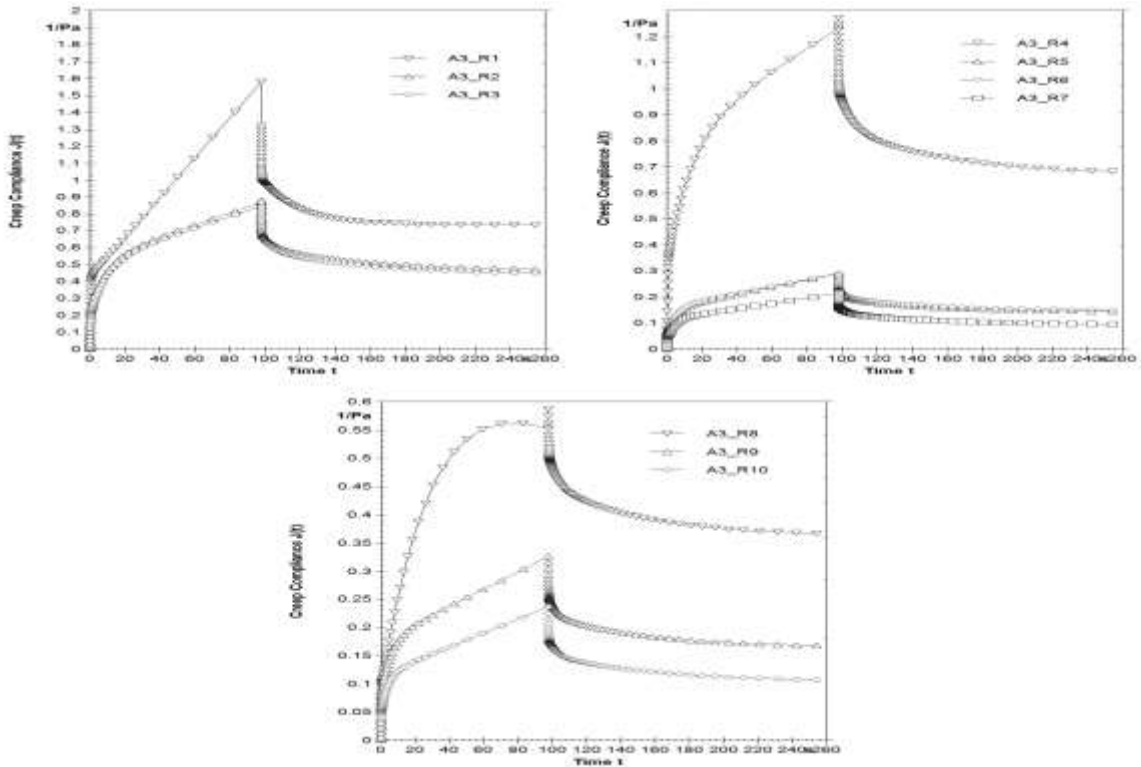
$$\text{Sqrt } J_s = 0.60 - 0.25*A - 0.44*B + 0.31*B^2$$



Şekil 52. Suş 2 ile üretilen ayran örneklerine ait J_{max} ve J_{sonsuz} değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi

Şekilden de görüldüğü gibi inkübasyon sıcaklığı ve süresi arttıkça ayran örneklerine ait J_{max} ve J_{sonsuz} değerlerinde azalma görülmektedir (şekil 52). Ayran örneklerinin sürünme toparlanma özellikleri dikkate alındığında optimum inkübasyon şartları 42 °C'de 4 saat olarak bulunmuştur.

EPS üreten suşlar ile hazırlanan ayran örneklerinin sürünme toparlanma özellikleri ile EPS üretmeyen kültürlerle hazırlanan örneklerin arasındaki farkı görebilmek kontrol olarak için EPS üretmeyen ayran kültürü (suş 3) kullanılmıştır. Suş 3 kullanılarak hazırlanan ayran örneklerine ait zamana bağlı J değerindeki değişim şekil 53'de gösterilmiştir.



Şekil 53. Suş 3 (kontrol suşu) ile hazırlanan ayran örneklerine ait zamana karşı $J(t)$ değerleri

Şekil 53'den de görüldüğü gibi ayran örneklerinde meydana gelen deformasyon creep fazında zaman arttıkça artmaktadır. Recovery fazında ise ayran örneklerinin kendilerini bir miktar toparladıkları görülmektedir. Ayran hazırlama aşamasında uygulanan inkübasyon sıcaklığı ve süresi örneklerde meydana gelen deformasyonu önemli şekilde etkilemektedir. Tablo 60, ayran örneklerine ait sürünme toparlanma fazı sonucu elde edilen J_{max} ve J_{sonsuz} değerlerini göstermektedir.

Tablo 60. Suş 3 ile hazırlanan ayran örneklerine ait J_{max} ve J_{sonsuz} değerleri

Örnekler	J_{max} (1/Pa)	J_{sonsuz} (1/Pa)
R1	1.387	0.713
R2	0.866	0.476
R3	0.845	0.449
R4	0.974	0.532
R5	0.290	0.148
R6	0.278	0.138
R7	0.194	0.082
R8	0.518	0.291
R9	0.324	0.163
R10	0.268	0.131

Tablo 60'dan görüldüğü gibi suş 3 kullanılarak hazırlanan ayran örneklerinin J_{max} ve J_{sonsuz} değerleri arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır. Ayran örneklerinin J_{max} ve J_{sonsuz} değerleri sırasıyla 0.268 – 1.387 1/Pa ve 0.131 – 0.713 1/Pa arasında değiştiği görülmektedir. Farklı şartlarda üretilen ayran örneklerinin J_{max} değerinin J_{sonsuz} değerinden yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum örneklere analiz sırasında uygulanan basınç ortadan kaldırıldığında örneklerin kendilerini toparladığının göstergesidir. Elde edilen J_{max} ve J_{sonsuz} değerlerinin üzerinde inkübasyon sıcaklığı ve süresinin etkisini görebilmek için elde edilen parametreler yanıt yüzey metodu ile modellenmiştir. Model parametrelerine ait F değerleri ve anlamlılık düzeyi Tablo 61'de gösterilmiştir.

Tablo 61. Suş 3 kullanılarak üretilen ayran örnekleri için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri

Faktörler	J_{max}	J_{sonsuz}
Model	Quadratic	Quadratic
x_1 (sıcaklık)	30.18 ^a	17.89 ^a
x_2 (süre)	20.48 ^a	14.00 ^a
$x_1 * x_2$	-	-
$x_1 * x_1$	7.40 ^b	6.42 ^b
$x_2 * x_2$	4.44 ^c	-

$X_1^2 * X_2$	-	-
$X_1 * X_2^2$	-	-
lack of fit	171.6	103.0
R^2	0.9284	0.8646
adj- R^2	0.8711	0.7969
pred- R^2	0.6787	0.6081
adeq pre	11.57	10.29

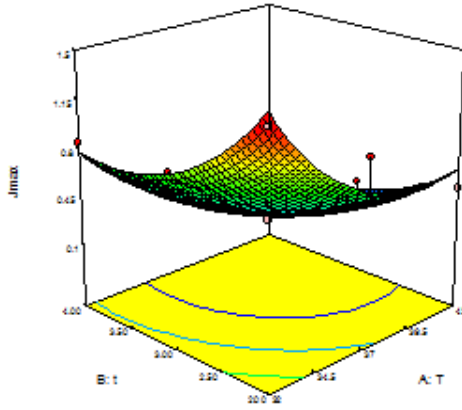
a $p \leq 0.01$

b $p \leq 0.05$

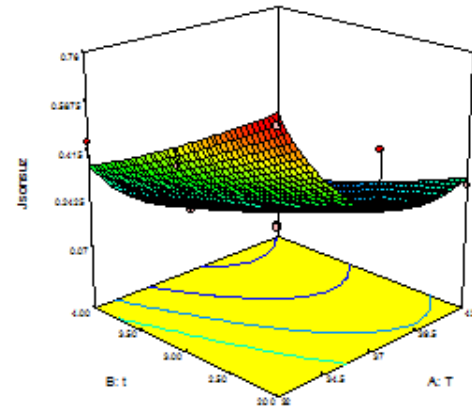
c $p \leq 0.1$

J_{max} ve J_{sonsuz} parametreleri için oluşturulan modellerin R^2 değerleri sırasıyla 0.9284 ve 0.8646 olarak bulunmuştur (Tablo 59). J_{max} ve J_{sonsuz} parametreleri için linear terimler (x_1 ve x_2) ve sıcaklığın kuadratik etkisi (x_1^2 ve x_2^2) önemli bulunmuştur. Ayrıca J_{max} değeri için sürenin kuadratik etkisi de önemli bulunmuştur. J_{max} ve J_{sonsuz} parametrelerinin inkübasyon sıcaklığına ve süresine bağlı değişimi şekil 54'de gösterilmiştir.

$$\text{Sqrt } J_{max} = 0.6 - 0.2 * A - 0.2 * B + 0.2 * A^2 + 0.1 * B^2$$



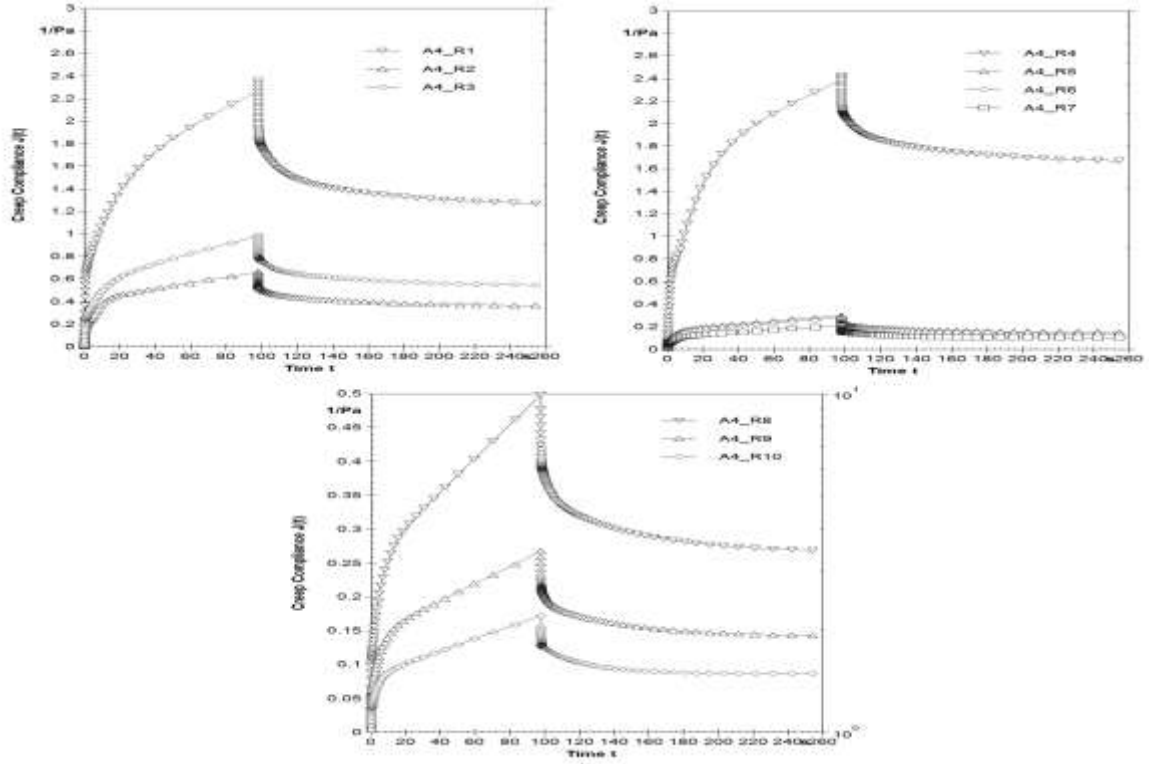
$$\text{Sqrt } J_s = 0.4 - 0.2 * A - 0.1 * B + 0.1 * A^2$$



Şekil 54. Suş 3 (kontrol suşu) ile üretilen ayran örneklerine ait J_{max} ve J_{sonsuz} değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi

Şekilden de görüldüğü gibi inkübasyon sıcaklığı ve süresi arttıkça ayran örneklerine ait J_{max} ve J_{sonsuz} değerlerinde azalmaktadır (şekil 54). Ayran örneklerinin sürünme toparlanma özellikleri dikkate alındığında optimum inkübasyon şartları 40.4 °C'de 4 saat olarak belirlenmiştir.

Projenin ayran kısmında son olarak EPS üreten 2 suş karışımı (suş 4) kullanılarak farklı inkübasyon koşullarında ayran üretimleri gerçekleştirilmiştir. Suş 4 kullanılarak üretilen ayran örneklerine ait zamana bağlı J değeri şekil 55'de gösterilmiştir.



Şekil 55. Suş 4 (karışım suşu) ile hazırlanan ayran örneklerine ait zamana karşı $J(t)$ değerleri

Suş 4 ile farklı inkübasyon koşullarında hazırlanan ayran örneklerinde meydana gelen deformasyon creep fazında zaman arttıkça artmaktadır (Şekil 55). Recovery fazında ise ayran örneklerinin kendilerini bir miktar toparladıkları görülmektedir. Ayran hazırlama aşamasında uygulanan inkübasyon sıcaklığı ve süresi örneklerde meydana gelen deformasyonu şekilden de anlaşılacağı gibi önemli şekilde etkilemektedir. Tablo 62, ayran örneklerine ait sürünme toparlanma fazı sonucu elde edilen J_{max} ve J_{sonsuz} değerlerini göstermektedir.

Tablo 62. Suş 4 ile hazırlanan ayran örneklerine ait J_{max} ve J_{sonsuz} değerleri

Örnekler	J_{max} (1/Pa)	J_{sonsuz} (1/Pa)
R1	2.437	1.287
R2	0.938	0.523
R3	0.663	0.351
R4	2.387	1.390
R5	0.286	0.141
R6	0.307	0.148
R7	0.219	0.108
R8	0.501	0.262
R9	0.269	0.141
R10	0.179	0.090



Suş 4 kullanılarak hazırlanan ayran örneklerinin J_{max} ve J_{sonsuz} değerleri arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır. Başka bir ifadeyle ayran üretimi sırasında uygulanan inkübasyon şartları (sıcaklık ve süre) ayran örneklerinin sürünme toparlanma özelliklerini önemli şekilde etkilemektedir. Ayran örneklerinin J_{max} ve J_{sonsuz} değerleri sırasıyla 0.179 – 2.437 1/Pa ve 0.090 – 1.287 1/Pa arasında değiştiği görülmektedir. Farklı şartlarda üretilen ayran örneklerinin J_{max} değerinin J_{sonsuz} değerinden yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum örneklere analiz sırasında uygulanan basınç ortadan kaldırıldığında örneklerin kendilerini belirlenen süre içerisinde topladığının göstergesidir. Elde edilen J_{max} ve J_{sonsuz} değerlerinin üzerinde inkübasyon sıcaklığı ve süresinin etkisini görebilmek için elde edilen parametreler yanıt yüzey metodu ile modellenmiştir. Tablo 63'de oluşturulan model parametrelerine ait F değerleri ve anlamlılık düzeyi gösterilmiştir.

Tablo 63. Suş 4 kullanılarak üretilen ayran örnekleri için oluşturulan modellerin parametrelerine ait F değerleri ve modelin determinasyon katsayısı değerleri

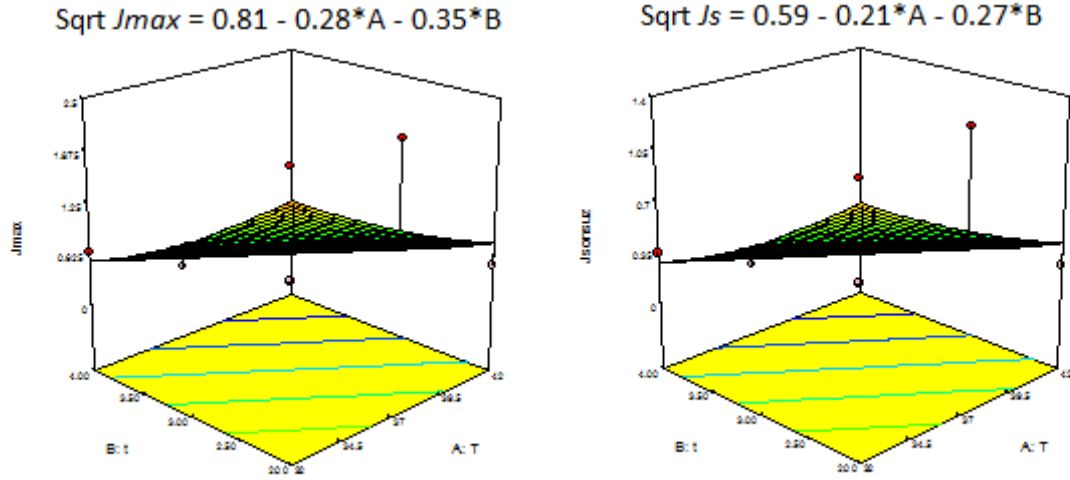
Faktörler	J_{max}	J_{sonsuz}
Model	Quadratic	Quadratic
x_1 (sıcaklık)	8.10 ^b	7.19 ^b
x_2 (süre)	12.55 ^a	11.59 ^b
$x_1 * x_2$	-	-
$x_1^2 * x_1$	-	-
$x_2^2 * x_2$	-	-
$x_1^2 * x_2$	-	-
$x_1 * x_2^2$	-	-
lack of fit	359	1017
R^2	0.7468	0.7285
adj- R^2	0.6745	0.6509
pred- R^2	0.4988	0.4727
adeq pre	9.52	9.07

a $p \leq 0.01$

b $p \leq 0.05$

c $p \leq 0.1$

J_{max} ve J_{sonsuz} parametreleri için oluşturulan modellerin R^2 değerleri sırasıyla 0.7468 ve 0.7285 olarak bulunmuştur (Tablo 61). J_{max} ve J_{sonsuz} parametreleri için sadece sıcaklık ve sürenin linear etkisi (x_1 ve x_2) önemli bulunmuştur. J_{max} ve J_{sonsuz} parametrelerinin inkübasyon sıcaklığına ve süresine bağlı değişimi şekil 56'de gösterilmiştir.



Şekil 56. Suş 4 (karışım suşu) ile üretilen ayran örneklerine ait J_{max} ve J_{sonsuz} değerlerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimi

Şekilden de görüldüğü gibi inkübasyon sıcaklığı ve süresi arttıkça ayran örneklerine ait J_{max} ve J_{sonsuz} değerleri azalmaktadır (şekil 56). Ayran örneklerinin sürünme toparlanma özellikleri dikkate alındığında optimum inkübasyon şartları 42 °C'de 4 saat olarak bulunmuştur.

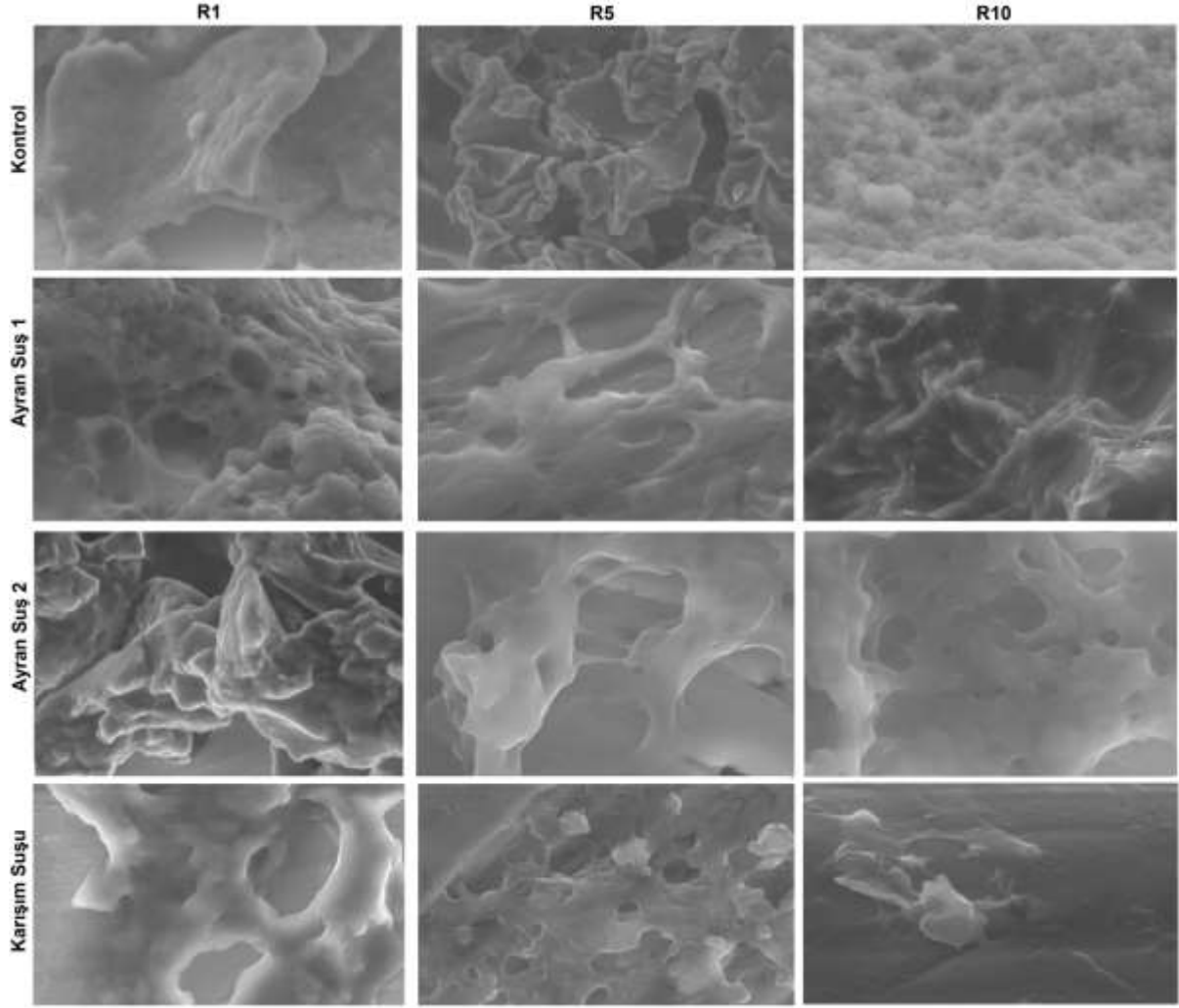
Laktik asit bakterileri tarafından üretilen eps üründeki su bağlama özelliğiyle serum ayrılmasını azalttığından dolayı fermente süt ürünlerinde özellikle yoğurt, dondurulmuş yoğurt ve peynirlerde kullanılmaktadır (Hassan vd., 2002, Abd El-Rahman vd., 2000, Perry vd., 1997). Fermente süt içeceklerinin duyu kalitesi ve son ürün kabulündeki en önemli kriterlerden biri reolojik analizlerle ürün yapısı hakkında elde edilen sonuç değerleridir (Kristensen vd., 1997, Penna vd., 2001). Son yıllarda daha da artan çalışmalar polisakkarit üreten kültürlerin fermente süt ürünlerinin özellikle yoğurdun viskozitesini önemli ölçüde artırdığı tespit edilmiştir (Ruas-Madiedo vd., 2002, Hassan vd., 2001). Ayrıca ekzopolisakkarit üreten suşlar fermente süt ürünlerinde pıhtıyı daha da sağlamlaştırmak için kullanılmaktadırlar (Milci ve Yaygın 2005). Meyveli yoğurtta eps'nin fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve yapısal özelliklerine etkisi araştırılan bir çalışmada kontrol örnekleriyle aralarında doku farklılığının olduğu tespit edilmiştir (Kılıc vd 2000). Farklı hidrokolloidlerin ve probiyotik bakterilerin kullanıldığı yoğurt örneklerinin viskozitesinin ölçüldüğü bir çalışmada en yüksek viskozite değeri en fazla laktik asit içeren yoğurtta gözlemlenmiştir (Soukoulis vd 2010). Penna ve arkadaşları ayrandaki reolojik parametrelerden özellikle kıvam katsayısının duyu özelliklerle arasında pozitif bir korelasyon olduğunu belirtmiştir (Penna vd., 2001). Laktik asit bakterisi kullanılarak yapılan ayran bir çok reolojik analizlerce üslü yasa modeli kullanılarak ayran kültürlerinin pseudoplastik akış davranışı gösterdiğini rapor etmişlerdir (Kristensen vd., 1997, Penna vd., 2001, Lokumcu vd., 2002). Butler ve McNulty ise 1995 yılında yaptıkları bir çalışmada ayran örneklerinin reolojik



parametreleri için Herschel-Bulkley modeli kullanarak ayranın zamana bağlı yapısındaki değişimleri gözlemlemiştir (Butler ve McNulty 1995). Başka bir çalışmada eps üreten laktik asit bakterileri kullanılarak yoğurt üretilmiş ve epsnin bu yoğurt örneklerinin reolojik özellikler üzerine major derecede önemli olduğu rapor edilmiştir (Doleyres vd., 2005). Ayran örneklerine katılan farklı miktarlarda su ve tuzun ayran örneklerindeki reolojik değişimlerin ve bu katkıların reolojik özellikler üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada bütün örneklerin shear thinning davranış gösterdiği belirtilmiştir. Reolojik parametreler belirlenirken üslü yasa modeli kullanılmıştır. Su ve tuz miktarının artmasıyla akış davranış indeksinin arttığını fakat kıvam katsayısı değerinin azaldığını tespit etmişlerdir (Köksoy ve Kılıç 2003). Yapılan başka bir çalışmada depolama boyunca akustik enerjinin ayranın reolojik özellikleri üzerine etkisi araştırılmış ve reolojik parametrelere üslü yasa modeli ($R^2:0.89-0.99$) uygulanmıştır ve ayranın pseudoplastik akış davranışı (kayma ile özsüzleşen yapı) gösterdiği belirtilmiştir ve akustik enerjinin ayrandaki görünür viskozite değerini önemli derecede etkilediği belirtilmiştir (Ertugay vd., 2012)

4.2.5 Ayran Örneklerinin Mikroyapısal Özellikleri

Ayran örneklerinin mikroyapısal özellikleri, SEM cihazı ile belirlenmiştir. EPS üretmeyen ayran suşu, EPS üreten ayran suşları ve EPS üreten suşların karışımı kullanılarak üretilen ayran örneklerine ait SEM görüntüleri Şekil 57'de verilmiştir. Herbir suş için üretilen 10 örneğin SEM görüntüleri alınmıştır fakat sonuç olarak sadece deneme dizaynında bulunan R1, R5 ve R10 örneklerine ait görüntüler verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi EPS üreten suş kullanılarak üretilen ayran örneklerinin görüntüsünde ağsı ve ipliksi yapılar mevcuttur. Bu yapı özellikle de EPS üreten 1. suşta görülmektedir. Gözlemlenen bu ipliksi yapısında inkübasyon sıcaklığı ve süresi arttıkça arttığı görülmektedir. İpliksi yapının en belirgin olduğu örnek ise R10 örnekleridir. Şekil incelendiğinde kontrol yani EPS üretmeyen suş kullanılarak hazırlanan ayran örneğinde ise böyle ipliksi ve ağsı yapıların olmadığı görülmektedir. Şekilden de gözlemlendiği gibi ayran örneklerinin fizikokimyasal, duyuusal ve reolojik özellikleri, inkübasyon sıcaklığı ve süresinden önemli derecede etkilendiği gibi, üretilen örneklerin mikroyapısal özellikleri de bu iki faktörden önemli derecede etkilenmektedir.



Şekil 57. EPS üreten ve üretmeyen suşlar kullanılarak üretilen ayran örneklerine ait SEM görüntüleri

4.3 EPS Üreten Farklı Suşlar Kullanılarak Üretilen Sucukların Fizikokimyasal, Mikrobiyolojik, Tekstürel ve Mikroyapısal Özellikleri

4.3.1 Sucuk Üretiminde Kullanılan Hammaddelerin Bazı Özellikleri

Sucuk üretiminde hammadde olarak kullanılan et ve kuyruk yağı örneklerinin kurumadde, protein ve yağ içeriği belirlenmiştir. Metod kısmında da bahsedildiği üzere örnekler için 4 farklı suş kullanılmıştır. Bunlar ; kontrol suşu, EPS üreten 1. Suş (*Lactobacillus plantarium*), EPS üreten 2. Suş (*Leuconostoc mesenteriodes*) ve karışım suşu (EPS üreten 1. Suş + EPS üreten 2. suş). Bu suşların MRS agardaki mikrobiyolojik değerleri ve et ve kuyruk yağı bileşenlerine ait kimyasal bileşim Tablo 64'de verilmiştir.

Tablo 64. Sucuk örneklerinin formülasyon bileşenlerinin fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri

	Kurumadde(%)	Protein(%)	Yağ(%)	MRS(log/ml)
Et	22.35 ± 0.02	20.06 ± 0.06	0.96 ± 0.25	1.42 ± 0.17
Kuyruk Yağı	85.96 ± 0.01	2.35 ± 0.03	83.10 ± 0.88	-
Kültür (eps1)	-	-	-	7.5
Kültür (eps2)	-	-	-	7.8

Tablodan da görüldüğü gibi sucuk üretiminde kullanılan etin kuru madde içeriği % 22.35 olarak bulunmuştur. Et örneğinin yağ ve protein içeriği ise sırasıyla % 20.06 ve % 0.96 olarak bulunmuştur. Çiğ et örneğinde belirlenebilen laktik asit bakteri miktarı ise 1.42 log/ml olarak bulunmuştur. Kuyruk yağının ise kuru madde içeriği % 85.96 bulunmuş iken protein ve yağ içeriği ise sırasıyla % 2.35 ve % 83.10 olarak belirlenmiştir. Kuyruk yağında mikrobiyolojik analiz sonucunda laktik asit bakterisi tespit edilememiştir.

4.3.2 Sucuk Örneklerinin Fizikokimyasal, Mikroyapısal, Mikrobiyolojik ve Duyusal Özellikleri

Sucuk örnekleri belirlenen inkübasyon sıcaklık ve sürelerinde hazırlandıktan sonra fizikokimyasal özelliklerine ve mikrobiyolojik değerlerine bakılmıştır Tablo 65'te bu değerler sunulmuştur. Tablo 65'te verilen bu değerler daha önce Tablo 4'te gösterilen deneme dizaynına uygun olarak adlandırılmış ve bu şekilde değerler sunulmuştur. Sucuk örnekleri için tabloda verilen suş 1; *L.plantarium* , suş 2; *L. Mesenteriodes* ve karışım suşu da suş 1 ve suş 2'nin karışımıdır.

Tablo 65. Sucuk örneklerinin pH, kurumadde, yağ, protein, ve mikrobiyolojik değerleri

Örnekler	Kontrol	1.suş	2.suş	Karışım	Kontrol	1.suş	2.suş	Karışım
	<i>pH</i>				<i>Kurumadde(%)</i>			
R1	4.84 ^{Aa}	4.71 ^{Da}	4.79 ^{Ba}	4.76 ^{Ca}	41.17 ^{Bf}	50.36 ^{Ad}	42.10 ^{Be}	41.15 ^{Be}
R2	4.82 ^{Ab}	4.65 ^{Db}	4.75 ^{Cb}	4.76 ^{Ba}	51.77 ^{Ade}	51.00 ^{Acd}	50.70 ^{Acd}	52.30 ^{Acd}
R3	4.77 ^{Ac}	4.64 ^{Dc}	4.70 ^{Cc}	4.74 ^{Bb}	51.23 ^{ABde}	55.07 ^{Abc}	46.60 ^{Bd}	50.90 ^{ABcd}
R4	4.77 ^{Ac}	4.60 ^{Ce}	4.64 ^{Bd}	4.59 ^{Dd}	49.11 ^{Be}	48.99 ^{Bd}	54.96 ^{Aab}	54.74 ^{Abc}
R5	4.76 ^{Ad}	4.59 ^{Bf}	4.54 ^{Cf}	4.59 ^{Bd}	56.48 ^{Ab}	56.47 ^{Abc}	54.93 ^{Aab}	55.25 ^{Abc}
R6	4.72 ^{Ae}	4.62 ^{Bd}	4.60 ^{Ce}	4.60 ^{Cc}	55.03 ^{Abc}	53.13 ^{Acd}	53.25 ^{Abc}	54.37 ^{Abc}
R7	4.70 ^{Af}	4.59 ^{Bf}	4.54 ^{Df}	4.58 ^{Ce}	57.88 ^{BCb}	58.54 ^{Bab}	56.35 ^{Cab}	60.91 ^{Aa}
R8	4.65 ^{Ag}	4.47 ^{Bg}	4.44 ^{Cg}	4.47 ^{Bf}	52.93 ^{Acd}	51.37 ^{Acd}	50.60 ^{Acd}	48.17 ^{Ad}
R9	4.65 ^{Ag}	4.44 ^{Ch}	4.40 ^{Dh}	4.45 ^{Bg}	56.80 ^{Ab}	55.17 ^{Abc}	57.40 ^{Aa}	58.53 ^{Aab}
R10	4.64 ^{Ah}	4.42 ^{Ci}	4.37 ^{Di}	4.45 ^{Bg}	63.27 ^{Aa}	62.53 ^{Aa}	57.53 ^{Aa}	60.03 ^{Aa}
	<i>Yağ(%)</i>				<i>Protein(%)</i>			
R1	22.45 ^{Aa}	22.10 ^{Aa}	21.75 ^{Aab}	22.70 ^{Aa}	20.72 ^{Abc}	20.85 ^{Aabcd}	20.66 ^{Ab}	22.47 ^{Ab}
R2	20.05 ^{Aa}	22.10 ^{Aa}	21.20 ^{Aab}	20.50 ^{Aa}	22.59 ^{Aa}	19.35 ^{Bde}	21.85 ^{ABab}	22.26 ^{Aab}
R3	22.25 ^{Aa}	20.40 ^{Aa}	21.15 ^{Aab}	20.10 ^{Aa}	20.22 ^{Cc}	21.15 ^{BCcde}	22.78 ^{Aa}	22.56 ^{Aab}
R4	21.51 ^{Aa}	21.72 ^{Aa}	21.90 ^{Aab}	19.36 ^{Aa}	22.59 ^{Aa}	20.41 ^{Be}	22.94 ^{Aa}	22.64 ^{Aab}
R5	21.60 ^{Aa}	22.00 ^{Aa}	21.60 ^{Aab}	19.61 ^{Aa}	21.39 ^{Aabc}	22.91 ^{Aab}	22.77 ^{Aa}	22.47 ^{Ab}
R6	20.65 ^{Aa}	20.85 ^{Aa}	21.90 ^{Aab}	21.60 ^{Aa}	22.39 ^{Aa}	22.07 ^{Aabcd}	22.45 ^{Aa}	22.21 ^{Ab}
R7	21.40 ^{Aa}	19.65 ^{Aa}	21.11 ^{Aab}	20.20 ^{Aa}	21.74 ^{Aabc}	21.55 ^{Abcde}	22.32 ^{Aab}	22.40 ^{Ab}
R8	21.55 ^{Aa}	20.25 ^{Aa}	20.90 ^{Aab}	21.60 ^{Aa}	22.87 ^{Aa}	22.58 ^{Aabc}	21.80 ^{Aab}	22.29 ^{Ab}
R9	21.40 ^{Aa}	21.50 ^{Aa}	22.75 ^{Aa}	20.50 ^{Aa}	21.87 ^{Bab}	22.33 ^{Babcd}	22.25 ^{Bab}	23.81 ^{Aa}
R10	20.60 ^{Aa}	20.95 ^{Aa}	20.00 ^{Ab}	21.30 ^{Aa}	21.75 ^{Babc}	23.05 ^{ABa}	22.54 ^{ABa}	23.32 ^{Aab}
	<i>MRS(log/ml)</i>							
R1	3.41 ^{Dd}	6.62 ^{Cg}	7.30 ^{Af}	7.15 ^{Bı}				
R2	3.37 ^{Cd}	7.04 ^{Be}	7.43 ^{Ae}	7.19 ^{Bhı}				
R3	3.67 ^{Dc}	7.02 ^{Ce}	7.72 ^{Ad}	7.22 ^{Bh}				
R4	3.12 ^{De}	6.78 ^{Cf}	7.38 ^{Ae}	7.28 ^{Bg}				
R5	3.16 ^{Ce}	7.38 ^{Bc}	7.67 ^{Ad}	7.66 ^{Ae}				
R6	3.18 ^{De}	7.21 ^{Cd}	7.43 ^{Be}	7.58 ^{Af}				
R7	3.16 ^{De}	7.69 ^{Cb}	7.87 ^{Ac}	7.81 ^{Bd}				
R8	5.72 ^{Db}	8.78 ^{Aa}	8.51 ^{Bb}	8.41 ^{Cc}				
R9	5.69 ^{Cb}	8.81 ^{Aa}	8.65 ^{Ba}	8.68 ^{Bb}				
R10	5.89 ^{Da}	8.83 ^{Aa}	8.65 ^{Ca}	8.72 ^{Ba}				

^{A-D} Aynı örnekler arasındaki suşların farklılık düzeyini gösterir (P < 0.05).

^{a-1} Aynı suşlar arasındaki örneklerin farklılık düzeyini gösterir ($P < 0.05$).

Tablo 65'ten görüldüğü üzere sucuk örneklerinin pH değerleri örneklerin suşlar arası kıyaslamasında kontrol suşuna ait örneklerin hepsi aynı sıcaklık ve süreye sahip olan sucuk örneklerinin pH değerlerinden daha yüksektir. Diğer suşlardaki pH'ın düşme sebebi diğer suşların eps üretmesinden kaynaklanabilir. Örneklerin hepsine bakıldığında aynı örneklerin suşları arasında istatistiki açıdan anlamlı farklılıklar görülmektedir. Aynı suşların örnekleri arasında da çoğunlukla anlamlı farklılıklar vardır. Bunun sebebi farklı inkübasyon koşullarında üretilmeleridir. Tablodan da görüldüğü üzere inkübasyon sıcaklığı ve süresi arttıkça pH değerlerinde genel olarak bir azalma söz konusudur. Bu nedenle pH düşüşü sıcaklık ve süreye bağlıdır. En yüksek pH değeri kontrol suşunun 14°C ve 8 gün ile en düşük inkübasyon şartlarına sahip olan R1 örneğidir ve pH değeri 4.84'tür. En düşük pH değeri ise 2. Suş, *Leuconostoc mesenteriodes*, eklenmiş olan R10 örneğidir ve pH değeri 4.37'dir. Sucuk örneklerinin yüzde kurumadde değerleri 41.15 ile 63.27 arasında değişmektedir. Aynı suşların örnekleri arasında ve aynı örneklere ait suşlar arasında kısmen anlamlı farklılıklar gözlenmiştir. Fakat aralarında bir trend tam olarak bulunamamıştır. Bu, sucuğun homojen olmayan yapısından kaynaklanmış olabilir. Sucuk örneklerinin yüzde yağ değerleri sonuçlarına bakıldığında ise suşlar arası ve örnekler arası istatistiki açıdan anlamlı bir farklılık bulunamamıştır.(2. Suşa ait R9 ve R10 örneği dışında). Şöyleki sucuk üretimindeki inkübasyon şartlarının (sıcaklık ve süre) yüzde yağ değerleri üzerinde bir etkisi yoktur. Sucuk örneklerine ait yüzde protein değerleri ise 19.35 ile 23.81 aralığındadır. R1, R5, R6, R7 ve R8 örneklerinin suşlar arası istatistiki açıdan anlamlı bir farklılığı yoktur. Sucuk örneklerinin mikrobiyolojik değerlerine bakıldığında ise kontrol suşuna ait örneklerin mikrobiyal yüklerinin eps üreten suşlara kıyasla çok daha düşük olduğu görülmektedir. Bu sonuç, eps üreten suşların sucuklarda daha fazla gelişim gösterdiğinin kanıtıdır. Aynı örneklerin suşlar arasında istatiki açıdan anlamlı farklılıkları vardır. Şöyleki aynı inkübasyon koşullarına sahip olan örneklerde farklı suşlar kullanılırsa elde edilen mikrobiyal yük de farklı olur. Bunlara ilaveten aynı suşların farklı örnekleri arasında da anlamlı farklılıklar vardır. Sıcaklık ve süre değerleri arttıkça genel olarak mikrobiyal yükte artmıştır. İnkübasyon koşulları sucuk örneklerine ait bakteri sayısını etkilemektedir. En yüksek değeri 1. Suş, *Lactobacillus plantarium*, ilave edilen sucuk örneklerinden R10 örneğidir ve değeri 8.83'tür.

Sucuk ve fermente et ürünlerinde laktik asit bakterileri önemli rol oynamaktadır. Bu bakteriler oluşturdukları asit ile bozulmaya neden olan patojen mikroorganizmalara karşı bir direnç oluşturmaktadırlar (Kaban ve Kaya 2010). Genellikle sucuk üretiminde inkübasyon koşulları 12-26°C ve 6-20 gün arasında değişmektedir (Ertaş ve Göğüş 1980, Gökalp ve Okerman 1985, Soyer vd 2005). İnkübasyon koşullarıyla üretilen pek çok yani sıcaklık uygulamasıyla üretilen pek çok araştırma yapılmıştır. Bunun yanında starter kültür ve starter kültür inoküle edilmemiş pek çok çalışma mümkündür (Anar vd 2000, Soyutemiz vd 2001, Coşkuner 2002, Soyutemiz vd 2004, Ercoşkun 2006, Toptancı 2007, Dalmış ve Soyer 2008). Fakat eps üreten 2 farklı suş ve bunların karışım suşlarının kontrol suşuyla kıyaslandığı ve bunların eps üretim miktarlarının belirlendiği, fizikokimyasal, duyuşsalve tekstürel özelliklerinin hepsinin bir anda birbirine olan etkisinin araştırılması daha önce hiç yapılmamıştır. Yapılan bir çalışmada sucuk örneklerine farklı sürelerde farklı sıcaklıklar uygulanmış ve bu işlem sonucunda pH değerinin ve toplam bakteri sayısının önemli ölçüde değiştiği gözlemlenmiştir. Buna ek olarak patojen mikroorganizmalarda olan azalmayı ısıl işleme bağlamıştır. (Tayar 1994) Başka bir araştırma sonucunda kültür inoküle edilen sucuk örneklerinin ısıl işlem uygulandıktan bir gün sonra dahi yürürlükteki yönetmeliklere uygun hale gelebildiğini çeşitli fizikokimyasal ve duyuşsal analizler sonucu ortaya koymuştur (Filiz 1996). 1999 yılında yapılan bir başka çalışmaya göre sucuk örneklerine *L. plantarum*, *P. pentosaceus* ve *S. xylosus* inoküle edilmiş ve yapılan araştırmalar sonucu olgunlaşmanın 12. Gününde bile önemli ölçüde sucuğun fizikokimyasal yapısının kontrol grubuna göre değiştiği tespit edilmiştir (Ercoşkun 1999). Yapılan bir başka çalışmaya göre sucuğa inoküle edilen starter kültürlerin (*L. plantarum* GM77 ve *S. xylosus* GM92) sucuğun fizikokimyasal ve mikrobiyolojik değerleri üzerinde pekçok etkisi olduğu rapor edilmiştir (Kaban ve Kaya 2009). Özetle Tablo 65'ten de görüldüğü üzere laktik asit bakterisi inoküle edilen sucuk örneklerinin pH değerleri daha düşük ve ürettikleri mikroorganizma sayıları daha yüksektir. Buna benzer pek çok çalışma mevcuttur şöyleki; kültür kullanımı pH üzerinde çok önemli bir etkiye sahiptir (Aksu 2003, Kaban ve Kaya 2006, Gençlelep vd 2007). Ülkemizde Et Ürünleri Tebliği'ne göre; fermente sucuklarda yağ miktarı en çok yüzde 40, rutubet miktarı en çok yüzde 40, pH değeri en çok 5.4 olmalıdır (TGK 2000). Sucukların Türk Standartları enstitüsüne göre 1.sınıf, 2.sınıf ve 3.sınıf yüzdeleri sırasıyla en çok % 40 protein, en az 22, 20, 20 yağ olmalıdır (TSE 2002) denilmiştir. Bu koşullar dahilinde Tablo 65'te verilen değerler uygundur.

Sucuk örneklerinin mikroyapısal özellikleri, SEM cihazı ile belirlenmiştir. EPS üreten suşlar kullanılarak farklı inkübasyon şartlarında (sıcaklık ve süre) üretilen sucuk örneklerine ait SEM görüntüleri Şekil 58'de gösterilmiştir.

Sucuk örneklerinin mikroyapısal özelliklerinin yanısıra duyuşal özellikleri de araştırılmıştır. Duyuşal parametreler belirlenirken sucukta aranan önemli kriterler değerlendirmeye alınmıştır. Çiğ ve pişmiş sucuk örneklerine ait duyuşal analiz formu bu kriterler baz alınarak hazırlanmıştır ve sonuçları Tablo 66 ve Tablo 67'de görülmektedir.

Tablo 66. Çiğ sucuk örneklerinin duyuşal özellikleri

Örnekler	Kontrol	1.suş	2.suş	Karışım	Kontrol	1.suş	2.suş	Karışım
	<i>Dış yüzey rengi</i>				<i>Kesit yüzey rengi</i>			
R1	5.60 ^{Bg}	6.40 ^{Ae}	6.40 ^{Ad}	6.40 ^{Af}	5.60 ^{Cg}	6.40 ^{Ae}	6.40 ^{Ae}	6.20 ^{Bf}
R2	7.00 ^{Bb}	7.25 ^{Aa}	6.25 ^{Df}	6.88 ^{Cb}	7.13 ^{Ba}	7.38 ^{Aa}	6.00 ^{Dg}	6.63 ^{Cb}
R3	6.60 ^{Bd}	6.20 ^{Cf}	6.80 ^{Aa}	6.60 ^{Bd}	6.80 ^{Bd}	5.60 ^{Dh}	7.00 ^{Aa}	6.40 ^{Ce}
R4	5.07 ^{Cj}	4.67 ^{Dh}	5.73 ^{Ah}	5.27 ^{Bj}	5.13 ^{Cj}	4.87 ^{Di}	5.60 ^{Ah}	5.53 ^{Bi}
R5	7.08 ^{Aa}	6.42 ^{Bd}	6.17 ^{Cg}	6.42 ^{Be}	6.83 ^{Ac}	6.00 ^{Df}	6.50 ^{Cd}	6.58 ^{Bc}
R6	6.80 ^{Ac}	6.20 ^{Cf}	6.60 ^{Bc}	6.20 ^{Ch}	7.00 ^{Ab}	7.00 ^{Ab}	6.60 ^{Bb}	6.40 ^{Ce}
R7	6.13 ^{Ce}	7.13 ^{Ab}	6.63 ^{Bb}	6.63 ^{Bc}	5.63 ^{Cf}	7.00 ^{Ab}	6.50 ^{Bd}	6.50 ^{Bd}
R8	5.25 ^{Dh}	6.50 ^{Bc}	6.80 ^{Aa}	6.25 ^{Cg}	5.25 ^{Di}	6.75 ^{Ad}	6.20 ^{Bf}	6.00 ^{Cg}
R9	5.89 ^{Af}	5.44 ^{Cg}	5.44 ^{Ci}	5.67 ^{Bi}	6.22 ^{Ae}	5.89 ^{Bg}	5.44 ^{Di}	5.67 ^{Ch}
R10	5.13 ^{Di}	6.50 ^{Bc}	6.29 ^{Ce}	7.40 ^{Aa}	5.38 ^{Dh}	6.83 ^{Ac}	6.57 ^{Cc}	6.80 ^{Ba}
	<i>Tipik sucuk kokusu</i>				<i>Dış Görünüş</i>			
R1	5.60 ^{De}	6.40 ^{Bd}	5.80 ^{Cg}	6.80 ^{Ab}	5.20 ^{Ch}	6.60 ^{Ad}	6.40 ^{Bd}	6.40 ^{Bf}
R2	6.25 ^{Cd}	6.63 ^{Aa}	6.63 ^{Ad}	6.50 ^{Bc}	7.13 ^{Ab}	7.13 ^{Ab}	6.38 ^{Ce}	6.88 ^{Bb}
R3	6.40 ^{Cb}	6.00 ^{Df}	7.20 ^{Ba}	7.20 ^{Aa}	6.60 ^{Ce}	6.20 ^{Dg}	7.00 ^{Aa}	6.80 ^{Bc}
R4	5.27 ^{Cg}	5.53 ^{Bh}	5.80 ^{Ag}	5.27 ^{Ch}	5.33 ^{Bf}	5.07 ^{Ci}	5.67 ^{Ai}	5.67 ^{Ai}
R5	6.33 ^{Bc}	6.08 ^{Ce}	6.75 ^{Ac}	6.00 ^{Ce}	7.17 ^{Aa}	6.25 ^{Cf}	6.17 ^{Df}	6.42 ^{Be}
R6	7.40 ^{Aa}	6.60 ^{Cb}	7.00 ^{Bb}	6.00 ^{De}	6.80 ^{Ac}	6.40 ^{Be}	6.80 ^{Ab}	5.80 ^{Ch}
R7	5.50 ^{Cf}	6.50 ^{Ac}	6.25 ^{Bf}	6.25 ^{Bd}	5.25 ^{Cg}	6.75 ^{Ac}	6.50 ^{Bc}	6.50 ^{Bd}
R8	5.00 ^{Ci}	5.75 ^{Bg}	6.60 ^{Ae}	5.75 ^{Bf}	5.00 ^{Di}	6.75 ^{Bc}	7.00 ^{Aa}	6.00 ^{Cg}
R9	5.11 ^{Bh}	5.44 ^{Ai}	4.67 ^{Ci}	5.67 ^{Cg}	6.67 ^{Ad}	5.89 ^{Bh}	5.89 ^{Bh}	5.67 ^{Ci}
R10	4.38 ^{Dj}	6.00 ^{Bf}	5.57 ^{Ch}	6.80 ^{Ab}	4.88 ^{Dj}	7.50 ^{Aa}	6.14 ^{Cg}	7.40 ^{Ba}
	<i>Kesitte Mozaik Görünüş</i>				<i>Tekstür</i>			
R1	5.20 ^{Cg}	6.20 ^{Ag}	5.40 ^{Bj}	6.20 ^{Af}	5.80 ^{Af}	5.80 ^{Af}	5.80 ^{Ag}	5.00 ^{Bi}
R2	6.88 ^{Bb}	7.38 ^{Aa}	6.25 ^{Df}	6.38 ^{Ce}	6.75 ^{Cc}	7.38 ^{Aa}	6.25 ^{De}	7.00 ^{Bb}
R3	6.80 ^{Bc}	6.20 ^{Cg}	7.00 ^{Ab}	6.80 ^{Bb}	7.00 ^{Bb}	6.20 ^{Ce}	7.40 ^{Aa}	7.00 ^{Bb}
R4	5.13 ^{Dh}	5.20 ^{Ci}	5.47 ^{Bi}	5.73 ^{Ai}	5.33 ^{Bh}	5.07 ^{Di}	5.47 ^{Ah}	5.20 ^{Ch}

R5	7.00 ^{Aa}	5.67 ^{Dh}	6.50 ^{Cc}	6.58 ^{Bc}	6.58 ^{Ad}	5.42 ^{Dh}	6.50 ^{Bd}	6.42 ^{Cd}
R6	7.00 ^{Ba}	6.80 ^{Cd}	7.40 ^{Aa}	6.20 ^{Df}	7.20 ^{Aa}	6.60 ^{Cb}	6.80 ^{Bb}	6.40 ^{De}
R7	5.63 ^{De}	6.88 ^{Ac}	6.00 ^{Cg}	6.50 ^{Bd}	5.88 ^{De}	6.25 ^{Bd}	6.00 ^{Cf}	6.50 ^{Ac}
R8	5.50 ^{Df}	6.50 ^{Ae}	6.40 ^{Bd}	6.00 ^{Ch}	5.25 ^{Di}	6.25 ^{Bd}	6.80 ^{Ab}	6.00 ^{Cf}
R9	5.67 ^{Cd}	6.44 ^{Af}	5.56 ^{Dh}	6.11 ^{Bg}	5.56 ^{Bg}	5.78 ^{Ag}	5.00 ^{Ci}	5.78 ^{Ag}
R10	5.50 ^{Df}	7.33 ^{Ab}	6.29 ^{Ce}	7.00 ^{Ba}	4.63 ^{Dj}	6.33 ^{Cc}	6.57 ^{Bc}	7.20 ^{Aa}

Genel Beğeni

R1	5.40 ^{Dg}	6.40 ^{Af}	6.20 ^{Cf}	6.40 ^{Be}
R2	6.63 ^{Cc}	7.25 ^{Aa}	6.13 ^{Dg}	6.75 ^{Bc}
R3	6.80 ^{Bb}	6.20 ^{Cg}	7.40 ^{Aa}	6.80 ^{Bb}
R4	5.47 ^{Bf}	5.00 ^{Dj}	5.87 ^{Ah}	5.40 ^{Ch}
R5	7.00 ^{Aa}	6.08 ^{Dh}	6.50 ^{Cd}	6.58 ^{Bd}
R6	7.00 ^{Aa}	6.80 ^{Bb}	7.00 ^{Ab}	6.40 ^{Ce}
R7	5.75 ^{Ce}	6.75 ^{Ac}	6.50 ^{Bd}	6.75 ^{Ac}
R8	5.00 ^{Dh}	6.50 ^{Be}	6.80 ^{Ac}	6.00 ^{Cf}
R9	5.89 ^{Ad}	5.67 ^{Ci}	5.78 ^{Bi}	5.89 ^{Ag}
R10	5.00 ^{Dh}	6.67 ^{Bd}	6.29 ^{Ce}	7.00 ^{Aa}

A-D Aynı örnekler arasındaki suşların farklılık düzeyini gösterir (P < 0.05).

a-ı Aynı suşlar arasındaki örneklerin farklılık düzeyini gösterir (P < 0.05).

Tablo 66'dan da görüldüğü üzere çiğ sucuk örneklerinde genel olarak aranan özellikler dış yüzey rengi, kesit yüzey rengi, tipik sucuk kokusu, dış görünüş, kesitte mozaik görünüş ve tekstürdür. Duyusal analiz testi yapılarak bu özelliklere bağlı sucuk örneklerinin duyusal açıdan değerlendirilmesi yapılmıştır. Dış yüzey renginde en yüksek puanı karışım suşunun R10 örneği (7.40), Kesitte yüzey renginde en yüksek puanı kontrol suşunun R2 örneği (7.13), tipik sucuk kokusu özelliği için en yüksek puanı 2.suş ile karışım suşunun R3 örneği (7.20), dış görünüş özelliğinde en yüksek puanı 1.suşun R10 örneği (7.50), kesitte mozaik görünüş özelliğinde en yüksek puanı 2. Suşun R6 örneği (7.40), tekstür de ise en yüksek puanı 2. Suşun R3 örneği (7.40) almıştır. En son değerlendirme kriteri olan genel beğeni de ise en yüksek puanı alan 2. suşun yani leuconostoc mesenteriodes suşuna ait olan R3 (7.40) örneği almıştır. Tablo 67'de ise pişmiş sucuk örneklerine ait duyusal analiz sonuçları gösterilmektedir.

Tablo 67. Pişmiş sucuk örneklerinin duyuusal özellikleri

Örnekler	Kontrol	1.suş	2.suş	Karışım	Kontrol	1.suş	2.suş	Karışım
	<i>Renk</i>				<i>Tipik sucuk kokusu</i>			
R1	6.20 ^{De}	6.40 ^{Cf}	7.00 ^{Ac}	6.60 ^{Bd}	6.60 ^{Dc}	6.80 ^{Cd}	7.20 ^{Ab}	7.00 ^{Bc}
R2	7.13 ^{Ab}	6.88 ^{Bb}	6.63 ^{Ce}	6.25 ^{De}	6.25 ^{Dd}	6.88 ^{Ab}	6.75 ^{Bd}	6.63 ^{Ce}
R3	6.20 ^{Ce}	6.60 ^{Be}	6.80 ^{Ad}	6.80 ^{Ab}	6.60 ^{Cc}	6.80 ^{Bd}	7.00 ^{Ac}	6.80 ^{Bd}
R4	5.33 ^{Ci}	5.27 ^{Dh}	5.87 ^{Aj}	5.60 ^{Bh}	5.53 ^{Df}	5.67 ^{Ch}	6.00 ^{Ah}	5.80 ^{Bi}
R5	7.00 ^{Ac}	6.17 ^{Dg}	6.50 ^{Cg}	6.67 ^{Bc}	6.83 ^{Ab}	6.17 ^{Df}	6.75 ^{Bd}	6.25 ^{Cg}
R6	7.20 ^{Aa}	6.80 ^{Bc}	7.20 ^{Ab}	6.60 ^{Cd}	7.40 ^{Aa}	7.20 ^{Ba}	7.40 ^{Aa}	7.20 ^{Bb}
R7	6.25 ^{Bd}	6.75 ^{Ad}	6.25 ^{Bh}	6.25 ^{Be}	5.88 ^{Ce}	6.75 ^{Ae}	6.13 ^{Bg}	6.13 ^{Bh}
R8	5.50 ^{Dg}	6.75 ^{Ad}	6.60 ^{Bf}	5.75 ^{Cg}	5.00 ^{Dh}	6.00 ^{Bg}	6.60 ^{Ae}	5.50 ^{Cj}
R9	5.56 ^{Cf}	5.22 ^{Di}	6.11 ^{Ai}	5.89 ^{Bf}	5.33 ^{Cg}	5.56 ^{Bi}	5.56 ^{Bi}	6.33 ^{Af}
R10	5.38 ^{Dh}	7.00 ^{Ca}	7.29 ^{Aa}	7.20 ^{Ba}	4.50 ^{Di}	6.83 ^{Bc}	6.57 ^{Cf}	7.60 ^{Aa}
Örnekler	<i>Görünüş</i>				<i>Tat</i>			
	R1	6.00 ^{Be}	5.80 ^{Ch}	6.20 ^{Ag}	6.00 ^{Bf}	6.20 ^{Ce}	6.40 ^{Bf}	6.60 ^{Ag}
R2	6.88 ^{Ab}	6.88 ^{Aa}	6.38 ^{Be}	5.88 ^{Ch}	6.75 ^{Bd}	7.00 ^{Aa}	6.63 ^{Cf}	6.50 ^{Dc}
R3	6.60 ^{Ad}	6.00 ^{Cg}	6.40 ^{Bd}	6.40 ^{Bc}	7.00 ^{Bc}	7.00 ^{Ba}	7.20 ^{Ab}	7.00 ^{Bb}
R4	5.00 ^{Ci}	5.00 ^{Cj}	5.40 ^{Bi}	5.53 ^{Aj}	5.33 ^{Di}	5.73 ^{Bg}	5.87 ^{Ai}	5.60 ^{Ch}
R5	7.00 ^{Aa}	6.08 ^{Df}	6.58 ^{Bc}	6.17 ^{Cd}	7.17 ^{Ab}	6.67 ^{Bb}	7.17 ^{Ac}	6.42 ^{Cd}
R6	6.80 ^{Cc}	6.80 ^{Cb}	7.20 ^{Aa}	7.00 ^{Bb}	7.60 ^{Aa}	6.60 ^{Dd}	7.40 ^{Ba}	7.00 ^{Cb}
R7	5.50 ^{Dg}	6.38 ^{Ae}	6.00 ^{Ch}	6.13 ^{Be}	6.13 ^{Cf}	6.63 ^{Bc}	6.75 ^{Ad}	5.88 ^{Df}
R8	5.25 ^{Dh}	6.50 ^{Ad}	6.00 ^{Bh}	5.75 ^{Ci}	5.50 ^{Dg}	6.50 ^{Ae}	6.20 ^{Bh}	5.75 ^{Cg}
R9	5.67 ^{Cf}	5.33 ^{Di}	6.33 ^{Af}	5.89 ^{Bg}	5.44 ^{Ah}	5.22 ^{Bh}	5.44 ^{Aj}	5.22 ^{Bi}
R10	4.63 ^{Dj}	6.67 ^{Cc}	6.71 ^{Bb}	7.20 ^{Aa}	4.63 ^{Dj}	6.67 ^{Cb}	6.71 ^{Be}	7.20 ^{Aa}
Örnekler	<i>Ekşi Tat</i>				<i>Tekstür</i>			
	R1	5.80 ^{Bf}	6.20 ^{Af}	6.20 ^{Ag}	6.20 ^{Ae}	5.40 ^{Cf}	5.40 ^{Ch}	5.80 ^{Ag}
R2	7.00 ^{Aa}	6.63 ^{Cc}	6.75 ^{Bc}	6.63 ^{Cd}	7.13 ^{Ab}	6.75 ^{Bb}	6.50 ^{Cd}	6.25 ^{Dd}
R3	6.60 ^{Dc}	6.80 ^{Cb}	7.20 ^{Aa}	7.00 ^{Bb}	6.80 ^{Ac}	6.40 ^{Be}	6.80 ^{Ac}	6.80 ^{Ac}
R4	6.20 ^{Ad}	5.93 ^{Dh}	6.07 ^{Ch}	6.13 ^{Bf}	5.13 ^{Di}	5.40 ^{Bh}	5.20 ^{Ci}	5.47 ^{Ai}
R5	6.75 ^{Ab}	6.25 ^{Ce}	6.67 ^{Be}	6.00 ^{Dg}	6.50 ^{Ad}	5.83 ^{Bf}	6.50 ^{Ad}	5.67 ^{Cf}
R6	7.00 ^{Aa}	6.00 ^{Dg}	6.60 ^{Cf}	6.80 ^{Bc}	7.40 ^{Aa}	6.80 ^{Da}	7.20 ^{Ba}	7.00 ^{Cb}
R7	6.13 ^{Ce}	6.63 ^{Bc}	6.75 ^{Ac}	5.88 ^{Dh}	5.38 ^{Cg}	6.50 ^{Ad}	5.75 ^{Bh}	5.75 ^{Be}
R8	5.50 ^{Dg}	6.50 ^{Bd}	6.80 ^{Ab}	6.00 ^{Cg}	6.00 ^{Ce}	6.75 ^{Ab}	6.20 ^{Be}	5.50 ^{Dh}
R9	5.11 ^{Dh}	5.33 ^{Ci}	5.78 ^{Ai}	5.44 ^{Bi}	5.33 ^{Ch}	5.67 ^{Bg}	5.89 ^{Af}	5.67 ^{Bf}
R10	4.50 ^{Di}	7.00 ^{Ba}	6.71 ^{Cd}	7.40 ^{Aa}	3.88 ^{Dj}	6.67 ^{Cc}	7.00 ^{Bb}	7.40 ^{Aa}
Örnekler	<i>Genel Beğeni</i>							
	R1	6.00 ^{Ce}	6.20 ^{Bg}	6.60 ^{Af}	6.20 ^{Bf}			
R2	6.75 ^{Bc}	6.75 ^{Ba}	6.88 ^{Ad}	6.50 ^{Cd}				
R3	6.60 ^{Bd}	6.60 ^{Bc}	7.00 ^{Ab}	7.00 ^{Ac}				
R4	5.13 ^{Dh}	5.53 ^{Ch}	5.80 ^{Aj}	5.67 ^{Bh}				
R5	7.00 ^{Ab}	6.25 ^{Cf}	6.92 ^{Bc}	6.25 ^{Ce}				
R6	7.40 ^{Aa}	6.60 ^{Cc}	7.40 ^{Aa}	7.20 ^{Bb}				

R7	6.00 ^{Ce}	6.57 ^{Ad}	6.38 ^{Bh}	5.88 ^{Dg}
R8	5.25 ^{Dg}	6.50 ^{Ae}	6.40 ^{Bg}	5.50 ^{Cj}
R9	5.33 ^{Cf}	5.33 ^{Cl}	5.89 ^{Al}	5.56 ^{Bl}
R10	4.38 ^{Di}	6.67 ^{Cb}	6.86 ^{Be}	7.40 ^{Aa}

^{A-D} Aynı örnekler arasındaki suşların farklılık düzeyini gösterir (P < 0.05).

^{a-l} Aynı suşlar arasındaki örneklerin farklılık düzeyini gösterir (P < 0.05).

Tabl 67'den de görüldüğü üzere renk, tipik sucuk kokusu, görünüş, tat, ekşi tat ve tekstür kriterleri ile duyuşsal analiz gerçekleştirilmiş ve panelistlerden elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Sucuk örneklerinin renk özelliğine göre en yüksek puanı 2.suşun R10 örneği (7.29), tipik sucuk kokusuna göre en yüksek puanı karışım suşunun R10 örneği (7.60), görünüşe göre en yüksek puanı 2. suşun R6 örneği ile karışım suşunun R10 örneği (7.20), tat kriterine göre en yüksek puanı kontrol suşunun R6 örneği (7.60), ekşi tat kriterine göre en yüksek puanı karışım suşunun R10 örneği (7.40), tekstürel özelliğe göre en yüksek puanı kontrol suşunun R6 örneği ile karışım suşunun R10 örneği (7.40) almıştır. Genel beğeni kriteri sonuçlarına göre ise kontrol suşunun ve *Leuconostoc mesenteroides* inoküle edilmiş olan 2. suşun R6 örnekleri ve karışım suşunun R10 örneği en yüksek puanı alarak beğenilmiştir (7.40).

4.3.3 Sucuk Örneklerinde Bulunan EPS Miktarı

Dondurma ve ayran örneklerinde de belirlendiği gibi sucuk örnekleri için de EPS miktarları öncelikle belirlenmiştir. Öncelikle suşlar arasında etki için daha sonra da her suşun kendi örnekleri arasında sıcaklık ve sürenin etkili olup olmadığını belirlemek amacıyla istatistiksel analiz yapılmıştır. Tablo 68'de fenol testi ile elde edilen ayran örneklerinin EPS miktarları gösterilmektedir.

Tablo 68. Sucuk örneklerine ait EPS değerleri

Örnekler	1.suş	2.suş	Karışım
R1	4.68 ^{Cd}	10.02 ^{Ac}	7.86 ^{Bb}
R2	4.87 ^{Cd}	10.56 ^{Abc}	9.15 ^{Bb}
R3	5.69 ^{Ccd}	10.69 ^{Abc}	9.35 ^{Bb}
R4	4.72 ^{Cd}	15.24 ^{Aa}	10.75 ^{Bb}
R5	6.79 ^{Cbc}	15.97 ^{Aa}	11.70 ^{Bb}
R6	6.99 ^{Cbc}	14.57 ^{Aab}	10.99 ^{Bb}

R7	6.90 ^{Cbc}	15.36 ^{Aa}	11.02 ^{Bb}
R8	9.53 ^{Ca}	18.56 ^{Aa}	15.85 ^{Bb}
R9	9.79 ^{Ca}	18.60 ^{Aa}	17.56 ^{Bb}
R10	9.97 ^{Cab}	18.96 ^{Aab}	17.86 ^{Ba}

^{A-C} Aynı örnekler arasındaki suşların farklılık düzeyini gösterir (P < 0.05).

^{a-d} Aynı suşlar arasındaki örneklerin farklılık düzeyini gösterir (P < 0.05).

Tablo 68'den görüldüğü üzere 1. Suşta en yüksek EPS üreten örnek R10 örneği (9.97) ve en az üreten örnek R1 örneğidir (4.68). 2. Suşta ve karışım suşlarında da en yüksek EPS üreten R10 örneğidir ve değerleri sırasıyla 18.96 ve 17.86 ve en az üreten örnek R1 örneğidir ve değerleri sırasıyla 10.02, 7.86'dır. Aynı örneklerin suşları arasında istatistiki açıdan anlamlı farklılıklar vardır. Aynı suşların ise sıcaklıkları arasında anlamlı bir farklılık söz konusu iken inkübasyon sürelerinin farklılığına rağmen anlamlı farklılıklar söz konusu değildir. Şöyleki aynı suşun örneklerine bakılacak olursa EPS üretim miktarına sıcaklık farklılıkları etki ederken, gün sayısının farklılığı EPS miktarını etkilememektedir. Tablo 70'te ise sucuk örneklerinde kullanılan

Suşlar için yanıt yüzey metodu kullanılarak suşların istatistiki açıdan anlamlılıkları ve modelleri belirlenmiştir.

Table 69. Sucuk örneklerinin EPS miktarı için oluşturulan modellerin F değerleri

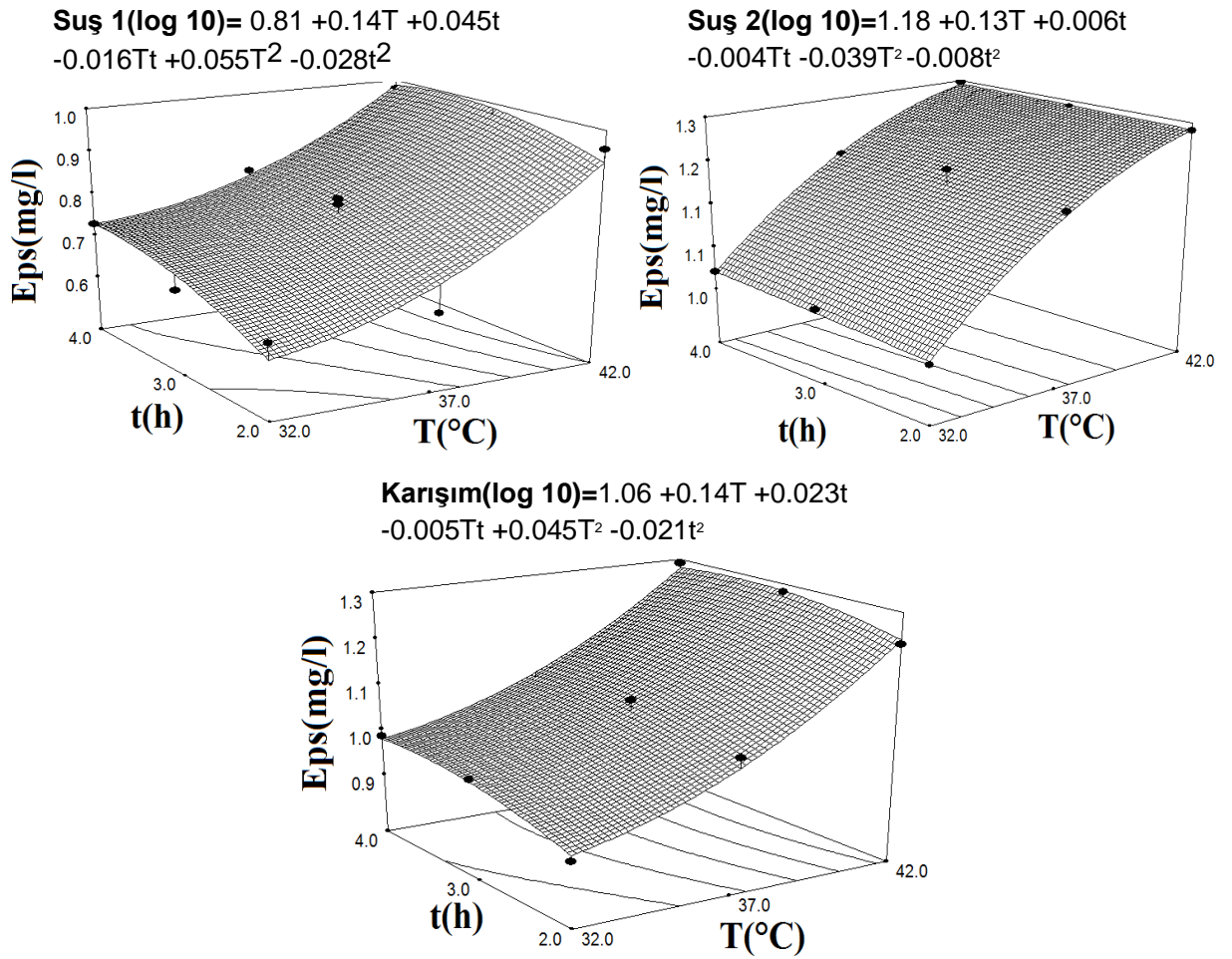
Faktörler	<i>1.suş</i>	<i>2.suş</i>	<i>Karışım</i>
Modeller	Kuadratik	Kuadratik	Kuadratik
x_1 (sıcaklık)	51.28 ^a	416.92 ^a	369.51 ^a
x_2 (süre)	5.06 ^c	1.18	9.40 ^b
x_1x_2	0.45	0.38	0.41
x_1x_1	2.92	15.15 ^b	13.99 ^b
x_2x_2	0.78	0.008	3.02
$x_1^2x_2$	-	-	-
$x_1x_2^2$	-	-	-
lack of fit	39.40	0.058	0.88
R^2	0.9376	0.9909	0.9900
adj- R^2	0.8595	0.9795	0.9774
pred- R^2	0.4561	0.9665	0.9133
adeq pre	9.920	22.669	23.762

a $p \leq 0.01$

b $p \leq 0.05$

c $p \leq 0.1$

Tablo 69'dan da görüldüğü gibi sucuk suşlarına ait oluşturulan modellerin R2 değerleri 1'e oldukça yakındır. Bu durum inkübasyon sıcaklığı ve inkübasyon süresinin eps üreten sucuk suşları ile arasındaki etkileşimin kuvvetli olduğunu göstermektedir. Lineer terimler suşlar için anlamlı bulunmuştur. EPS üreten bu 3 Suş içinde Kuadratik model en uygun model olarak belirlenmiştir. Şekil 58'de EPS üreten sucuk suşlarının inkübasyon koşulları ile EPS miktarları arasındaki etkileşimi gösteren 3 boyutlu grafikler sunulmuştur.



Şekil 58. Sucuk suşlarının süre ve sıcaklığa bağlı EPS miktarları gösteren 3 boyutlu grafikleri

Şekil 58'den de görüldüğü üzere 3 suşta da sıcaklık arttıkça eps miktarının arttığı görülmektedir. Grafiklere ait denklemlerden de anlaşılacağı üzere süreninde az

da olsa etkisi görülmektedir. Yani sucuk örneklerine ait inkübasyon süreleri de arttıkça eps miktarları artmaktadır. Sürenin de sıcaklık kadar olmasa da eps miktarı üzerine etkisi bulunmaktadır.

4.3.4 Sucuk Örneklerinin Tekstürel Özellikleri

Doğal flora, EPS üreten *Lb. plantarum* ve *L. mesenteroides* suşları kullanılarak farklı fermantasyon koşullarında üretilen sucukların tekstürel özellikleri, Tablo 70'de verilmiştir. Herhangi bir EPS üreten suş kullanılmayarak farklı fermantasyon koşullarında üretilen sucukların sertlik değeri 4634 g ile 13930 g arasında değişirken, bu değer EPS üreten *Lb. Plantarum*, *L. mesenteroides* ve bu suşların karışımı kullanılarak üretilen suşlarda sırasıyla 5466 – 21890 g, 5080 – 18870 g ve 5741 – 25484 g arasında bulunmuştur. Tablodan da anlaşılacağı gibi EPS üreten suşlar kullanılarak üretilen sucuk örneklerinin sertlik değeri, tüm fermantasyon koşullarında daha yüksek bulunmuştur. Bu durum, fermantasyon sırasında üretilen EPS'lerin su tutma kapasitesi ile açıklanabilir. Kontrol örneğinin sertlik değerinin fermantasyon süresi ve sıcaklığı arttıkça arttığı gözlemlenmiştir. Kontrol örneğindeki sertlik değerinin fermantasyon süresi arttıkça artması, üretim sırasında örneklerin su kaybederek sertleşmesi ile açıklanabilir. 18 °C'de üretilen kontrol örneğinin sertlik değeri en yüksek bulunmasına rağmen EPS üreten *Lb. plantarum* ve karışım suşlarında ise 16 °C'de üretilen örneklerde en yüksek bulunmuştur. EPS üreten *Lb. plantarum* suşunda kontrol örneğinin aksine böyle bir durum gözlemlenmesi, *Lb. plantarum* suşunun 16 °C'de diğer sıcaklıklara göre daha yüksek miktarda EPS üretmesi ile açıklanabilir. Kontrol örneğinin yapışkanlık değeri 27.0 ile 94.7 g.s arasında değişmiş iken *Lb. Plantarum*, *L. mesenteroides* ve karışım suşu kullanılarak üretilen sucukların yapışkanlık değeri sırasıyla 13.6 – 155.4, 24.6 – 121.0 ve 21.5 – 129.6 arasında değişiklik göstermiştir. Tablo incelendiğinde genel olarak sertlik değeri arttıkça yapışkanlık değerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Formülasyonda bulunan gıda materyallerinin doğal florası kullanılarak farklı fermantasyon koşullarında üretilen sucuk örneklerine ait esneklik değeri 0.499 ile 0.651 mm arasında değişmiş iken bu değer *Lb. plantarum*, *L. mesenteroides* ve karışım suşu kullanılarak üretilen örneklerde sırasıyla 0.522 – 0.698 mm, 0.583 – 0.699 mm ve 0.552 – 0.667 arasında bulunmuştur. Tablo incelendiğinde, istatistiksel analiz sonuçlarına göre sucukların esneklik değerini fermantasyon sıcaklığı ve süresinin sertlik ve yapışkanlık değerini etkilediği kadar etkilemediği

görülmektedir. TPA analizi sonucunda elde edilen bir diğer parametre olan iç yapışkanlık değeri ise kontrol

Tablo 70. Farklı fermantasyon koşullarında farklı kültürler kullanılarak üretilen sucukların tekstürel özellikleri

Örnek	Sertlik (g)				Yapışkanlık (g.s)			
	Kontrol	Lb. plant	L. mes.	Karışım	Kontrol	Lb. plant	L. mes.	Karışım
R1	4634 ^{Ae}	5723 ^{Bf}	5945 ^{Be}	5741 ^{Bh}	-94.7 ^{Aa}	-89.5 ^{Ab}	-26.2 ^{Bf}	-21.7 ^{Be}
R2	7663 ^{Bc}	7711 ^{Be}	7462 ^{Bd}	10925 ^{Af}	-72.3 ^{Ab}	-59.2 ^{Bd}	-42.5 ^{Ce}	-32.8 ^{Dd}
R3	9830 ^{Cb}	12421 ^{Bc}	11719 ^{Bc}	14312 ^{Ac}	-45.5 ^{Bef}	-39.9 ^{Be}	-71.1 ^{Ac}	-74.3 ^{Ac}
R4	3998 ^{Ce}	5466 ^{Bf}	5080 ^{Bf}	7229 ^{Ag}	-60.5 ^{Cc}	-50.4 ^{Dd}	-92.8 ^{Bb}	-112.8 ^{Ab}
R5	7801 ^{Cc}	11455 ^{Bd}	11414 ^{Bc}	12708 ^{Ade}	-50.7 ^{Bde}	-34.7 ^{Ce}	-63.7 ^{Ad}	-34.9 ^{Cd}
R6	8106 ^{Bc}	11366 ^{Ad}	11757 ^{Ac}	12087 ^{Ae}	-49.4 ^{Be}	-37.9 ^{Ce}	-60.9 ^{Ad}	-35.8 ^{Cd}
R7	10621 ^{Db}	21810 ^{Ba}	18196 ^{Ca}	25484 ^{Aa}	-38.7 ^{Af}	-18.5 ^{Cf}	-24.6 ^{Bf}	-23.4 ^{Be}
R8	5768 ^{Cd}	7753 ^{Ae}	5501 ^{Cef}	6745 ^{Bg}	-87.2 ^{Ca}	-155.4 ^{Aa}	-121.0 ^{Ba}	-129.6 ^{Ba}
R9	9919 ^{Bb}	12707 ^{Ac}	12919 ^{Ab}	13415 ^{Ad}	-58.9 ^{Ccd}	-73.3 ^{Bc}	-92.3 ^{Ab}	-34.1 ^{Dd}
R10	13930 ^{Ba}	18098 ^{Ab}	18870 ^{Aa}	19341 ^{Ab}	-27.0 ^{Ag}	-13.6 ^{Cf}	-21.4 ^{Bf}	-21.5 ^{Be}

Örnek	Esneklik (mm)				İç Yapışkanlık			
	Kontrol	Lb. plant	L. mes.	Karışım	Kontrol	Lb. plant	L. mes.	Karışım
R1	0.547 ^{Bbc}	0.566 ^{Bcd}	0.665 ^{Aab}	0.664 ^{Aa}	0.372 ^{Ab}	0.409 ^{Aef}	0.410 ^{Abcd}	0.382 ^{Ab}
R2	0.647 ^{Aa}	0.522 ^{Bd}	0.659 ^{Aabc}	0.657 ^{Aa}	0.392 ^{Bab}	0.443 ^{Acde}	0.390 ^{Bcd}	0.418 ^{ABb}
R3	0.631 ^{ABab}	0.646 ^{Aabc}	0.688 ^{Aa}	0.552 ^{Ba}	0.395 ^{Aab}	0.421 ^{Adef}	0.412 ^{Abcd}	0.384 ^{Ab}
R4	0.547 ^{Bbc}	0.666 ^{Aab}	0.699 ^{Aa}	0.622 ^{Aba}	0.430 ^{Ba}	0.517 ^{Aa}	0.429 ^{Babc}	0.419 ^{Bb}
R5	0.626 ^{Aab}	0.646 ^{Aabc}	0.615 ^{Abcd}	0.603 ^{Aa}	0.387 ^{Bab}	0.491 ^{Aab}	0.480 ^{Aa}	0.422 ^{ABb}
R6	0.623 ^{Aab}	0.607 ^{Abcd}	0.613 ^{Abcd}	0.608 ^{Aa}	0.375 ^{Cb}	0.471 ^{ABbc}	0.484 ^{Aa}	0.407 ^{BCb}
R7	0.500 ^{Bc}	0.621 ^{Aabc}	0.616 ^{Abcd}	0.639 ^{Aa}	0.316 ^{Bc}	0.454 ^{Abcd}	0.462 ^{Aab}	0.404 ^{Ab}
R8	0.651 ^{Aa}	0.640 ^{Aabc}	0.612 ^{Abcd}	0.667 ^{Aa}	0.267 ^{Dd}	0.383 ^{Cfg}	0.448 ^{Bab}	0.517 ^{Aa}
R9	0.510 ^{Cc}	0.698 ^{Aa}	0.583 ^{Bd}	0.627 ^{Ba}	0.266 ^{Bd}	0.348 ^{Agh}	0.375 ^{Ad}	0.393 ^{Ab}
R10	0.499 ^{Bc}	0.612 ^{Abc}	0.600 ^{Ac}	0.552 ^{ABa}	0.300 ^{Ccd}	0.338 ^{BCh}	0.428 ^{Aabc}	0.359 ^{Bb}

Örnek	Gamsılık (g)				Çiğnenebilirlik (g.s)			
	Kontrol	Lb. plant	L. mes.	Karışım	Kontrol	Lb. plant	L. mes.	Karışım
R1	1721 ^{Ce}	2617 ^{Af}	2594 ^{Ae}	2141 ^{Bg}	932 ^{Bf}	1553 ^{Ae}	1544 ^{Ad}	1587 ^{Af}
R2	2986 ^{Cc}	3407 ^{Be}	3606 ^{Bd}	4572 ^{Ae}	1519 ^{Dd}	1966 ^{Cd}	2660 ^{Bc}	2930 ^{Ade}
R3	3870 ^{Ca}	5216 ^{Bc}	5017 ^{Bbc}	6452 ^{Ac}	2384 ^{Cb}	3425 ^{Bbc}	3754 ^{Bb}	4577 ^{Ab}
R4	1713 ^{Ce}	2829 ^{Aef}	2186 ^{Be}	3025 ^{Af}	936 ^{Cf}	1945 ^{Ade}	1527 ^{Bd}	1870 ^{ABf}
R5	3020 ^{Bc}	5623 ^{Abc}	5514 ^{Ab}	5895 ^{Ac}	1889 ^{Cc}	3385 ^{ABbc}	3646 ^{Ab}	3271 ^{Bcd}
R6	3154 ^{Bbc}	5350 ^{Ac}	5224 ^{Abc}	5687 ^{Ac}	2042 ^{Bc}	3260 ^{Abc}	3491 ^{Ab}	3218 ^{Ac}
R7	3467 ^{Cb}	9898 ^{Aba}	8428 ^{Ba}	10287 ^{Aa}	2679 ^{Ca}	6143 ^{Aa}	5178 ^{Ba}	6739 ^{Aa}
R8	1535 ^{De}	2963 ^{Bef}	2461 ^{Ce}	3495 ^{Af}	1138 ^{Cef}	1710 ^{Bde}	1506 ^{Bd}	2508 ^{Ae}
R9	2638 ^{Cd}	4416 ^{Bd}	4568 ^{Bc}	5274 ^{Ade}	1356 ^{Dde}	3076 ^{Bc}	2560 ^{Cc}	3451 ^{Ac}
R10	4005 ^{Da}	6114 ^{Cb}	8069 ^{Ba}	9071 ^{Ab}	2105 ^{Cc}	3518 ^{Bb}	4838 ^{Aa}	4682 ^{Ab}

Kontrol: Starter kültür kullanılmayarak üretilen sucuklar; **Lb. plant:** *Lactobacillus plantarum* suşu kullanılarak üretilen sucuklar; **L. mes:** *Leuconostoc mesenteroides* suşu kullanılarak üretilen sucuklar; **Karışım:** *Lactobacillus plantarum* ve *Leuconostoc mesenteroides* suşları kullanılarak üretilen sucuklar

örneğinde 0.266 – 0.430 arasında değişir iken, *Lb. plantarum*, *L. mesenteroides* ve karışım suşu kullanılarak üretilen örneklerde ise sırasıyla 0.338 – 0.517, 0.375 – 0.484 ve 0.359 – 0.517 arasında değişiklik göstermiştir. Sucuk üretiminde uygulanan fermantasyon koşulları ve kullanılan suş çeşidinin, sucuk örneklerinin iç yapışkanlık değerini çok önemli derecede etkilemediği görülmektedir. Sucuk örneklerinin gamsılık değeri ise farklı fermantasyon koşullarında üretilen kontrol örneğinde 1535 ile 4005 g arasında değişiklik göstermiştir. Tablo incelendiğinde kontrol örneğine ait gamsılık değerinin fermantasyon sıcaklığı ve süresi arttıkça arttığı gözlemlenmiştir. EPS üreten suşlar kullanılarak üretilen sucuk örneklerinin gamsılık değeri, çalışmada uygulanan tüm fermantasyon koşullarında kontrol örneğine kıyasla daha yüksek bulunmuştur. *Lb. plantarum* ve *L. mesenteroides* suşları kullanılarak farklı fermantasyon koşullarında üretilen sucuk örneklerinin gamsılık değeri sırasıyla 2617 – 9898 g ve 2186 – 8428 g arasında belirlenmiş iken bu iki suşun karışımı ilave edilerek üretilen sucuklara ait gamsılık değeri, 2141 ile 10287 g arasında bulunmuştur. EPS üreten suşlarda da gamsılık değeri fermantasyon süresi artar iken, en yüksek gamsılık değeri 16 °C’de fermente edilen suşlarda gözlemlenmiştir. Gıdalar ağıza alındıktan sonra yutma aşamasına kadar gereken enerjiyi ifade eden çiğnenebilirlik değeri, kontrol örneğinde 932 ile 2679 g.s arasında bulunmuştur. Fermantasyon süresi arttıkça, örneklerin çiğnenebilirlik değeri artış gösterir iken en yüksek çiğnenebilirlik değerine, 16 °C’de fermente edilen örneklerde en yüksek bulunmuştur. *Lb. plantarum*, *L. mesenteroides* ve karışım suşu kullanılarak üretilen sucuk örneklerinin çiğnenebilirlik değerleri ise sırasıyla 1553 – 6143 g.s, 1506 – 4838 g.s ve 1587 – 6739 g.s arasında bulunmuştur. Tablodan da anlaşılacağı gibi kontrol örneğinde olduğu gibi diğer suşlar kullanılarak üretilen sucuk örneklerinin çiğnenebilirlik değerini de üretim esnasında uygulanan fermantasyon sıcaklığı ve süresi önemli derecede artırmıştır. Üretilen sucuklarda en yüksek çiğnenebilirlik değeri 16 °C’de 16 gün fermente edilen örneklerde belirlenmiştir. Özetle, sonuçlardan anlaşılacağı gibi tüketici albenisini etkileyen en önemli kriterlerden birisi olan sucuk örneklerinin tekstürel özellikleri, sucuk fermantasyonunu hızlandırmak ve kontrolünü sağlamak amacıyla ilave edilen starter kültürler ile fermantasyon koşullarından önemli derecede etkilenmektedir. Ayrıca sucuk üretiminde EPS üreten suş kullanılması sucukların sertlik, gamsılık ve çiğnenebilirlik değerlerini önemli derecede artırmıştır. Bu sonuçlar dikkate alınarak, tekstürel özellikler ile duyu özellikler kombine edilerek fermantasyon koşullarının optimize edilmesi, istenilen kalitede sucuk üretebilmek için gıda endüstrisi açısından oldukça önemlidir. Herbir suş için yanıt yüzey metoduna göre üretilen sucuk örneklerinin tekstürel özellikleri belirlendikten sonra, elde edilen sonuçlar yanıt yüzey metodu ile modellenerek, tekstürel parametrelerin fermantasyon süresi ve sıcaklığına bağlı değişimi gözlemlenmiştir. Tablo 71,

modelleme sonucunda elde edilen parametrelere ait F değerlerini ve bu parametrelerin bağımlı değişkenler üzerindeki etkisinin anlamlılık düzeyini göstermektedir.

Kontrol sucuğuna ait tekstürel özelliklere ait model sonuçları incelendiğinde, sertlik parametresine ait R^2 değeri, 0.9978 olarak bulunmuştur. Bu değer 1'e yakın olması

Tablo 71. Farklı fermantasyon koşullarında farklı kültürler kullanılarak üretilen sucukların tekstürel özelliklerine ait model parametrelerinin F değerleri

	Sertlik (g)				Yapışkanlık (g.s)			
	Kontrol	Lb. plant	L. mes.	Karışım	Kontrol	Lb. plant	L. mes.	Karışım
Model	360*	19.8*	45.4*	30.1*	17.1*	12.0*	20.4*	10.1**
T	208*	5.00***	15.8*	-	3.41	1.63	9.93**	1.71
t	1482*	34.6*	111*	30.1*	41.1*	28.2	16.6*	11.3**
T*t	49.0*	-	9.23**	-	-	7.2**	34.6*	20.8*
T ²	58.7*	-	-	-	6.90**	10.8**	-	-
t ²	9.13**	-	-	-	-	-	-	6.72**
L.O.F	0.95	1567**	31.6	50.9	21.6	71.6***	47.8	1041**
R^2	0.9978	0.8497	0.9578	0.7899	0.8955	0.9055	0.9107	0.8901
Adj- R^2	0.9950	0.8067	0.9367	0.7637	0.8433	0.8299	0.8660	0.8022
Pre- R^2	0.9852	0.6649	0.8345	0.6178	0.6504	0.3168	0.6098	0.2431

Örnek	Esneklik (mm)				İç Yapışkanlık			
	Kontrol	Lb. plant	L. mes.	Karışım	Kontrol	Lb. plant	L. mes.	Karışım
Model	2.68	4.13**	10.0*	7.15**	10.3*	24.6*	4.96**	6.95**
T	1.76	4.13**	10.0	-	16.1*	17.6*	0.36	2.01
t	0.84	-	-	7.15**	-	3.87***	-	8.12**
T*t	5.43**	-	-	-	-	-	-	10.7**
T ²	-	-	-	-	4.41***	52.3*	9.56**	-
t ²	-	-	-	-	-	-	-	-
L.O.F	8.16	2.57	288**	104	17.7	2.11	-	6.65
R^2	0.5725	0.3402	0.5557	0.4721	0.7459	0.9248	0.5862	0.7766
Adj- R^2	0.3587	0.2577	0.5002	0.4061	0.6733	0.8872	0.4680	0.6650
Pre- R^2	-0.1202	-0.1509	0.4119	0.0939	0.5317	0.7539	0.1384	0.0168

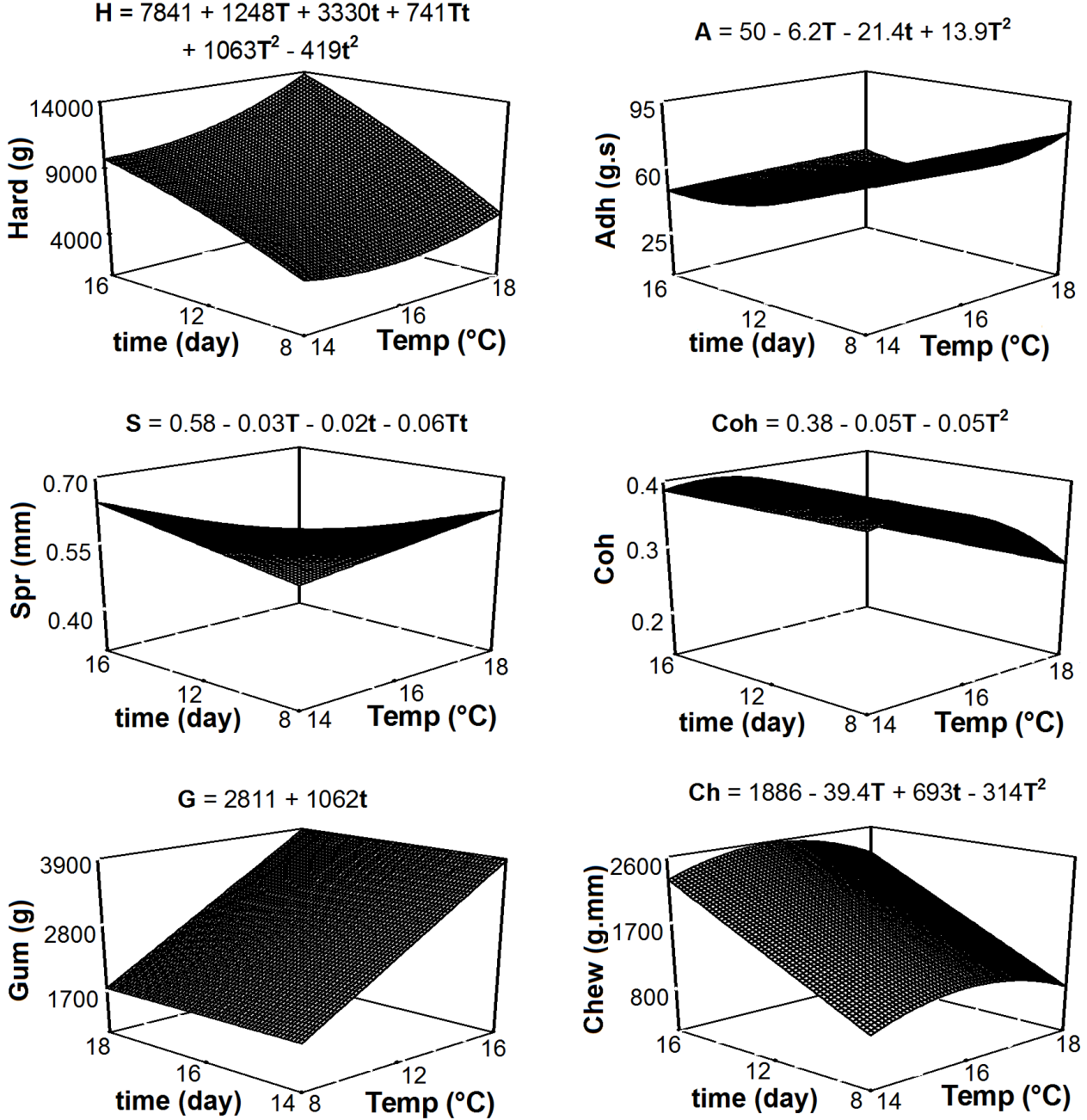
Örnek	Gamsılık				Çiğnenebilirlik			
	Kontrol	Lb. plant	L. mes.	Karışım	Kontrol	Lb. plant	L. mes.	Karışım
Model	120*	10.4*	25.1*	30.0*	25.1*	10.2*	34.6*	33.3*
T	-	0.73	6.12**	5.92**	0.22	0.68	1.01	-
t	120*	23.7*	82.8*	79.7*	69.4*	22.9*	95.8*	33.3*
T*t	-	-	6.19**	-	-	-	-	-
T ²	-	6.75**	5.31***	4.35***	5.69**	6.94**	6.90**	-
t ²	-	-	-	-	-	-	-	-
L.O.F	7.00	37.0	12.0	33.8	4.06	69.1***	14.5	402**
R^2	0.9375	0.8387	0.9526	0.9375	0.9262	0.8358	0.9453	0.8064
Adj- R^2	0.9297	0.7581	0.9147	0.9062	0.8893	0.7538	0.9180	0.7822
Pre- R^2	0.9030	0.4878	0.6637	0.8074	0.7650	0.4987	0.8171	0.6526

Kontrol: Starter kültür kullanılmayarak üretilen sucuklar; **Lb. plant:** *Lactobacillus plantarum* suşu kullanılarak üretilen sucuklar; **L. mes:** *Leuconostoc mesenteroides* suşu kullanılarak üretilen sucuklar; **Karışım:** *Lactobacillus plantarum* ve *Leuconostoc mesenteroides* suşları kullanılarak üretilen sucuklar

*: $P < 0.01$; **: $P < 0.05$; ***: $P < 0.1$

L.O.F: Lack of fit; T: Temperature, t: time

oluşturulan modelin bağımlı değişkeni başarılı şekilde tanımladığını göstermektedir.



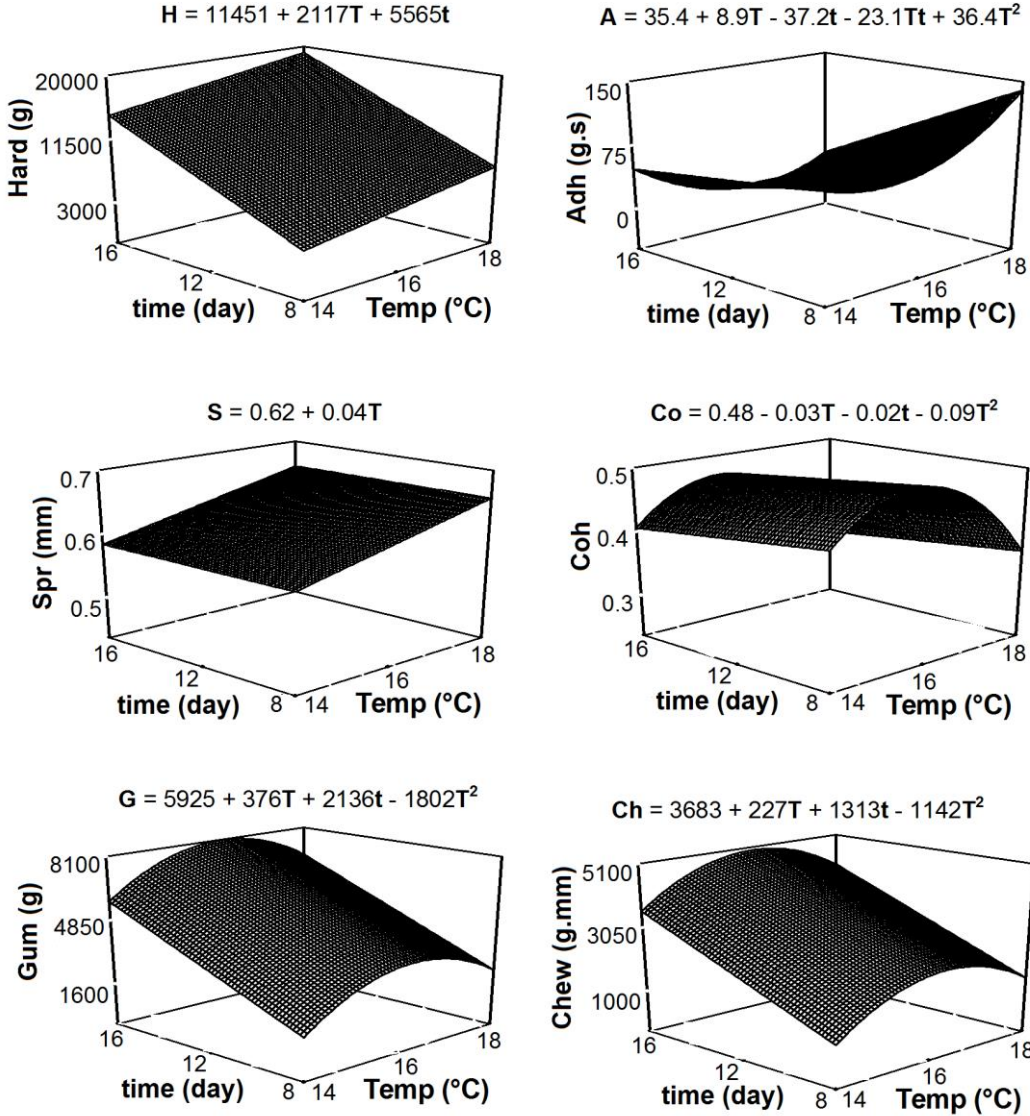
Şekil 59. Kontrol örneğinin tekstürel özelliklerinin fermantasyon sıcaklığı ve süresine bağlı değişimi

Sertlik değerine ait oluşturulan model incelendiğinde sıcaklık, süre, sıcaklık ve sürenin interaksyonu ile bu iki bağımsız terimin kuadratik etkisi sucuk örneğinin sertlik değeri

üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir ($P<0.05$). Yanıt yüzey metodu kullanılarak elde edilen formülasyon neticesinde elde edilen formülasyon dikkate alındığında fermantasyon sıcaklığı ve süresi arttıkça elde edilen sucuk örneklerinin sertlik değerinin de arttığı gözlemlenmektedir. Sıcaklık ve sürenin etkileri karşılaştırıldığında ise süre faktörününün sıcaklık faktörüne kıyasla daha etkili olduğu görülmektedir (Şekil 59). Kontrol sucuk örneğinin yapışkanlık değerinin fermantasyon sıcaklığı ve süresine bağlı olarak değişimi incelendiğinde, elde edilen modelin R^2 değeri 0.8955 olarak bulunmuştur. Bu değerle oluşturulan modelin yapışkanlık parametresinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişimini başarılı bir şekilde ifade ettiğini göstermektedir. Model parametrelerinin anlamlılık düzeyine bakıldığında süre teriminin lineer etkisi ile sıcaklık teriminin kuadratik etkisi önemli bulunmuştur. Kontrol sucuk örneklerinde fermantasyon sıcaklığı ve süresinin artmasıyla yapışkanlık değerinin azaldığı görülmektedir. Genellikle sertlik değeri ile yapışkanlık değeri arasında negatif bir korelasyon olduğu düşünüldüğünde, elde edilen sonuçların da bu bilgiyi desteklediği görülmektedir. Esneklik ve iç yapışkanlık değeri için elde edilen modellerin R^2 değerleri sırasıyla 0.5725 ve 0.7459 olarak belirlenmiştir. R^2 değerinin 0.75'den küçük olması oluşturulan modelin bağımlı değişkenin fermantasyon sıcaklığı ve süresine bağlı olarak değişmesini başarılı bir şekilde tanımlayamadığını göstermektedir. Kontrol örneğinin gamsılık ve çignenebilirlik parametreleri için oluşturulan modellere ait F değerleri incelendiğinde, modellerin bağımlı değişken ile bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi başarılı bir şekilde tanımladığı görülmektedir. Gamsılık ve çignenebilirlik parametreleri için oluşturulan modellerin R^2 değerleri, sırasıyla 0.9375 ve 0.9262 olarak bulunmuştur. Gamsılık değeri üzerinde sadece fermantasyon süresinin etkisi önemli bulunmuş iken çignenebilirlik parametresinde sürenin lineer etkisine ilave olarak sıcaklık teriminin kuadratik etkisi önemli bulunmuştur. Gamsılık ve çignenebilirlik değerinin fermantasyon süresi arttıkça arttığı gözlemlenmektedir.

EPS üreten *Lb. plantarum* suşu kullanılarak üretilen sucuk örneklerinin tekstürel özelliklerine ait modelleme sonucu da Tablo 71 de gösterilmektedir. Üretilen sucuk örneklerinin sertlik değerine ait oluşturulan modele ait R^2 değeri, 0.8497 olarak bulunmuştur. Elde edilen modelde sadece sıcaklık ve sürenin lineer etkisi, sertlik değeri üzerinde önemli bulunmuştur. Kontrol örneğine benzer olarak *Lb. plantarum* suşu kullanılarak üretilen sucuk örneklerinin de sertlik değerinin fermantasyon sıcaklığı ve süresinin artmasıyla arttığı görülmektedir. Süre terimi, sıcaklığın etkisinden daha önemli bulunmuştur. Yapışkanlık değerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişiminin gözlemlendiği modele ait R^2 değeri, 0.9055 olarak bulunmuştur. Oluşturulan modelde sıcaklık ve sürenin lineer etkisi ile sıcaklığın kuadratik etkisi önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Kontrol örneğinde olduğu gibi *Lb. plantarum* suşu kullanılarak üretilen sucuk örneğinin esneklik değeri için oluşturulan modelin de R^2 değeri de

0.3402 olarak bulunmuştur. Bu düşük değer de esneklik parametresinin bağımsız değişkenlere bağlı olarak değişmesini anlamlı şekilde açıklayamadığını göstermektedir. EPS üreten *Lb. plantarum* suşu kullanılarak üretilen sucukların iç yapışkanlık değeri için oluşturulan modele ait R^2 değeri, 0.9248 olarak bulunmuştur. İç yapışkanlık değeri üzerinde fermantasyon sıcaklığı ve süresinin lineer etkisi ile sıcaklık teriminin kuadratik etkisi önemli bulunmuştur. *Lb. plantarum* suşu kullanılarak üretilen sucuk örneklerinin tekstürel özelliklerinin fermantasyon sıcaklığı ve süresine bağlı olarak değişimi Şekil’de verilmiştir.



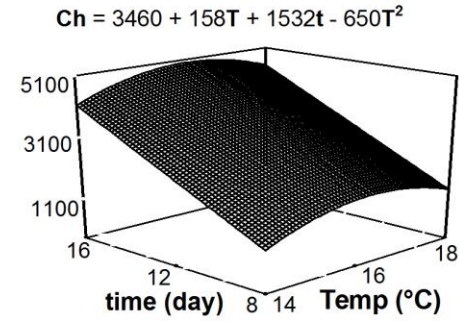
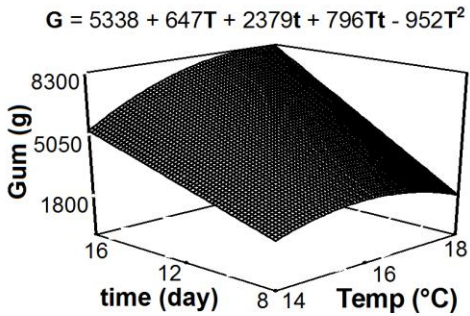
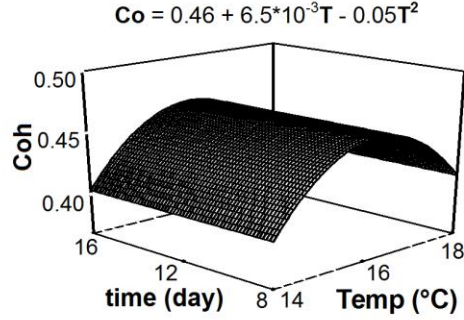
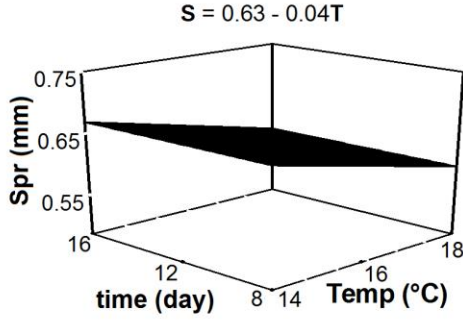
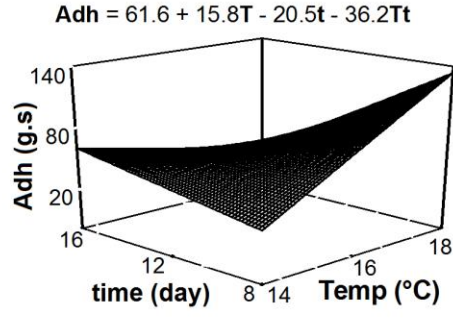
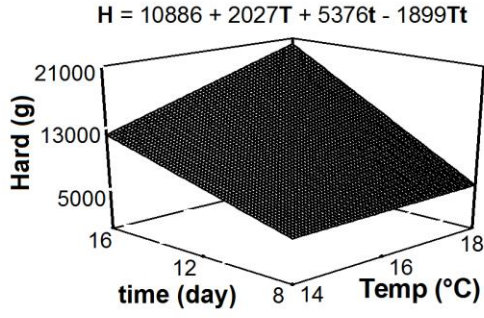
Şekil 60. *Lb. plantarum* suşu kullanılan sucuk örneklerinin tekstürel özelliklerinin fermantasyon sıcaklığı ve süresine bağlı değişimi

Lb. plantarum suşu kullanılarak üretilen sucuk örneğinin iç yapışkanlık değeri, sıcaklık ve süre arttıkça azalmaktadır. Sucuk örneklerinin gamsılık ve çiğnenebilirlik değerine ait oluşturulan modellerin anlamlı olduğu görülmektedir ($P < 0.01$). Gamsılık parametresi için



oluşturulan modelin R^2 değeri, 0.8387 olarak bulunmuştur. Gamsılık değeri üzerinde sürenin lineer etkisi ile sıcaklığın kuadratik etkisi önemli bulunmuştur. Gamsılık değeri, sıcaklık ve sürenin artmasıyla artış gösterir iken süre gamsılık değerini sıcaklığa göre daha fazla etkilemektedir. Bir diğer tekstürel parametre olan çiğnenebilirlik değeri için oluşturulan modelin R^2 değeri de 0.8358 olarak bulunmuştur. Çiğnenebilirlik değerini fermantasyon süresi ile sıcaklığın kuadratik etkisi önemli şekilde etkilemektedir. Şekil 60'dan gözlemlendiği gibi sürenin ve sıcaklığın artması ile, sucuk örneklerinin yutmaya hazır hale gelinceye kadar harcanan enerji miktarı da artmaktadır.

Proje kapsamında sucuk üretimi için kullanılan bir diğer suş olan EPS üreten *L. mesenteroides* suşu kullanılarak üretilen sucukların tekstürel özelliklerinin modellenmesi ile elde edilen sonuçlarda Tablo 71'de gösterilmiştir. Elde edilen sucukların sertlik değeri için oluşturulan modelin R^2 değeri, 0.9578 olarak bulunmuştur. Oluşturulan modelde fermantasyon sıcaklığı, süresi ve sıcaklık ile sürenin interaksyonu önemli bulunmuştur. Şekil 61, *L. mesenteroides* suşu kullanılarak üretilen sucukların tekstürel özelliklerinin sıcaklık ve süreye bağlı değişimini göstermektedir.

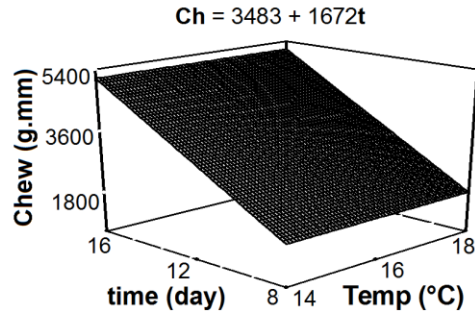
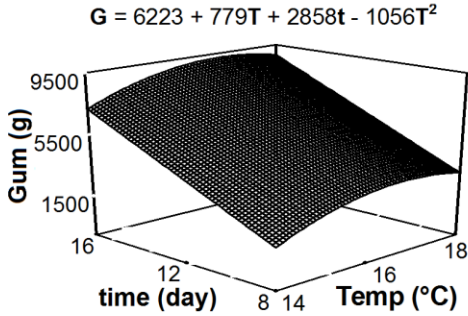
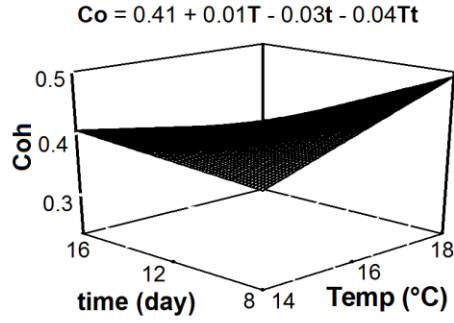
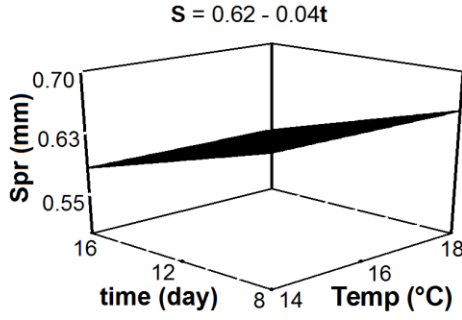
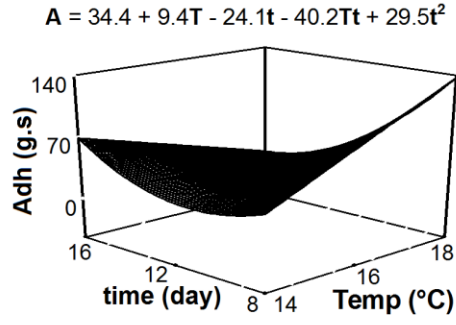
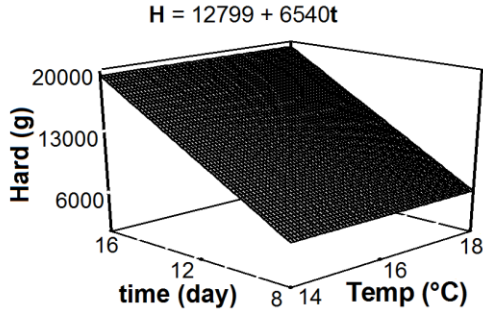


Şekil 61. *L. mesenteroides* suşu kullanılan sucuk örneklerinin tekstürel özelliklerinin fermantasyon sıcaklığı ve süresine bağlı değişimi

Şekilden de görüldüğü gibi sıcaklık ve sürenin artmasıyla örneklerin sertlik değeri de artmaktadır. Formülasyondan ve F değerinden de anlaşılacağı gibi sürenin etkisi sıcaklıktan daha önemli bulunmuştur. Yapışkanlık değeri için oluşturulan modelin R^2 değeri ise 0.9107 olarak bulunmuştur. Yapışkanlık parametresi için oluşturulan modelde sıcaklık ve sürenin lineer etkisine ilave olarak bu iki bağımsız değişkenin interaksyonu da önemli bulunmuştur. *L. mesenteroides* suşu kullanılarak üretilen sucukların esneklik ve iç yapışkanlık parametreleri için oluşturulan modellere ait R^2 değerleri sırasıyla 0.5557 ve 0.5862 olarak bulunmuştur. Hesaplanan bu R^2 değerinden de anlaşılacağı gibi oluşturulan modeller, bağımlı değişkenin bağımsız değişkene bağlı olarak değişimini başarılı şekilde açıklayamamaktadır. Gamsılık değeri için oluşturulan modelin R^2 değeri, 0.9526

olarak bulunmuş iken bu değer çiğnenebilirlik değeri için 0.9453 olarak bulunmuştur. Gamsılık için elde edilen modelde, sürenin kuadratik etkisi haricindeki tüm terimler önemli bulunmuştur. Gamsılık değerinin sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişiminin gözlemlendiği şekilde, bu tekstürel özelliğin sıcaklık ve sürenin artması ile arttığı görülmektedir. Ayrıca oluşturulan modelde sürenin daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Çiğnenebilirlik parametresinde ise oluşturulan modelde süre ile sıcaklığın kuadratik etkisi önemli bulunmuştur. Çiğnenebilirlik değeri sıcaklık arttıkça azalırken sürenin artışıyla artmaktadır.

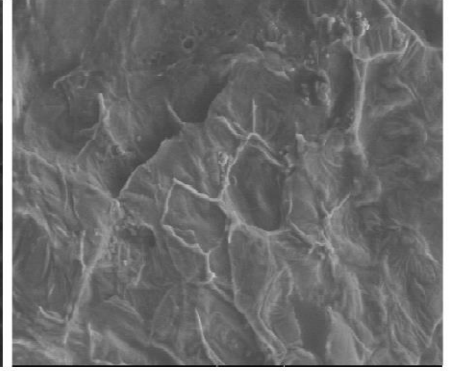
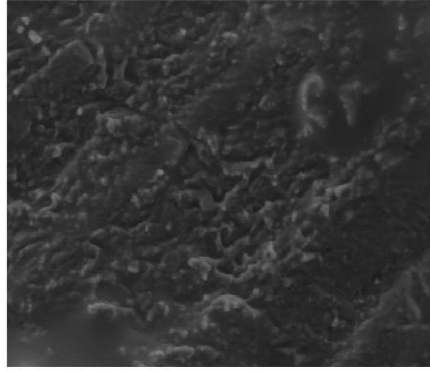
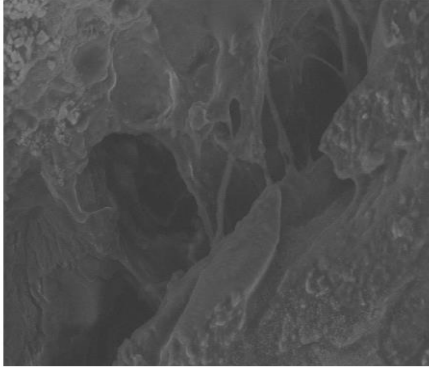
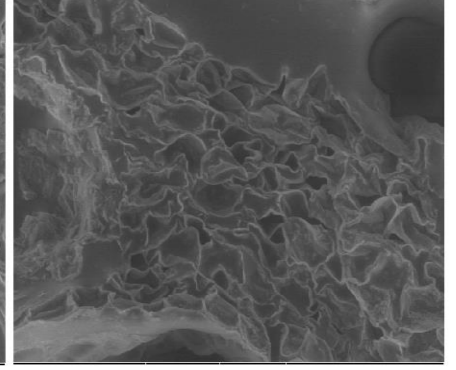
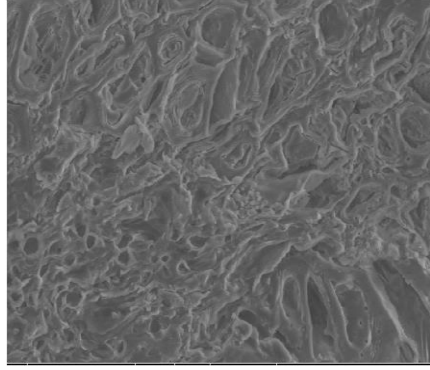
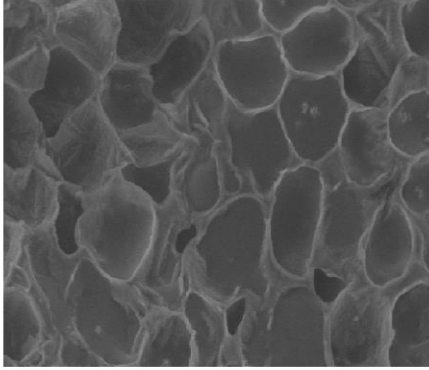
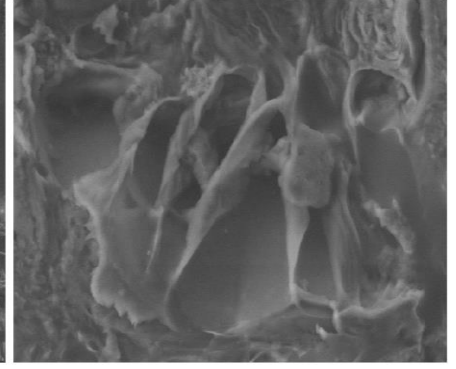
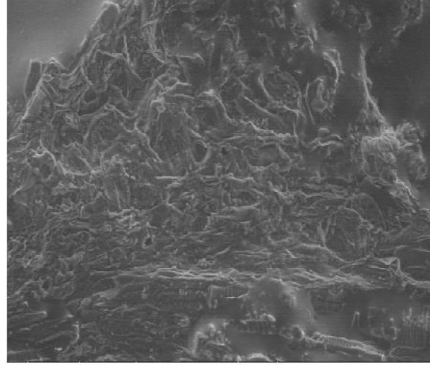
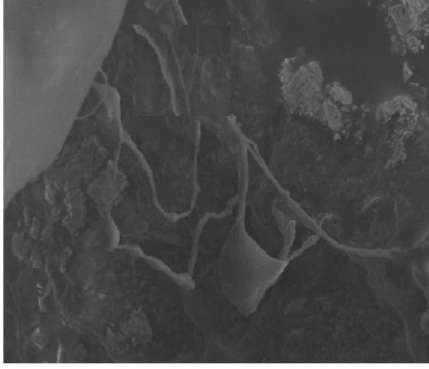
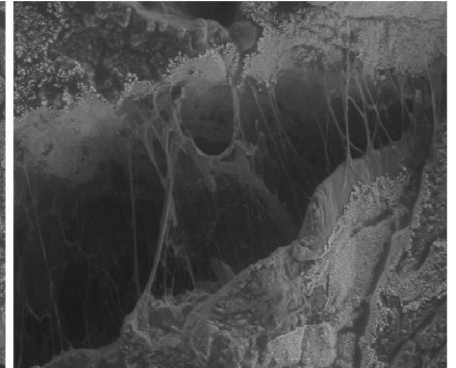
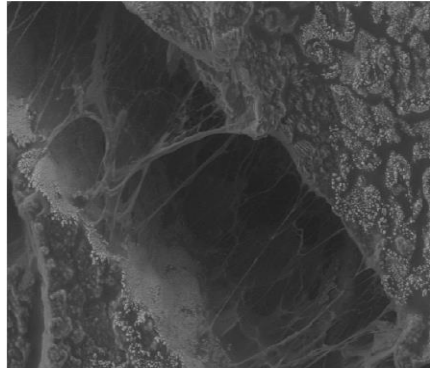
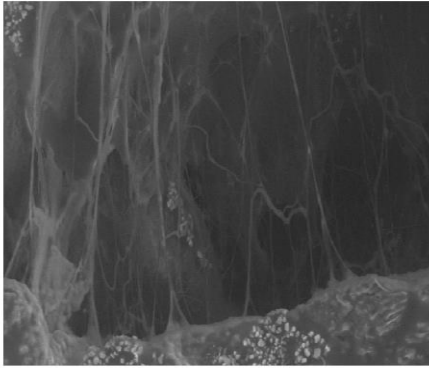
Lb. plantarum ve *L. mesenteroides* suşlarının karışımı kullanılarak sucuk örneklerinin tekstürel özelliklerinin modellenmesi ile elde edilen sonuçlar da Tablo 71'de gösterilmiştir. Sertlik değeri için oluşturulan modelin R^2 değeri 0.7899 olarak bulunmuş iken oluşturulan modelde sadece üretim esnasında uygulanan fermantasyon süresinin etkisi önemli bulunmuştur. Suşların karışımı kullanılarak üretilen sucuk örneklerinin yapışkanlık değeri için oluşturulan modelin R^2 değeri ise 0.8901 olarak bulunmuştur. Oluşturulan modelde sürenin lineer etkisi, süre ve sıcaklığın interaksyonu ve sürenin kuadratik etkisi önemli bulunmuştur. Esneklik için oluşturulan modelin R^2 değeri ise 0.4721 olarak bulunmuştur. Farklı suşlar kullanılarak üretilen sucuk örneklerinin hiçbirisinde esneklik değeri bağımsız değişkenlerin bir fonksiyonu olarak ifade edilememiştir. İç yapışkanlık için oluşturulan modelin R^2 değeri 0.7766 olarak bulunmuştur. İç yapışkanlık değeri için oluşturulan modelde ise sadece sürenin lineer etkisi ile sıcaklık ve sürenin interaksyonu önemli bulunmuştur. Fermantasyon sıcaklığı ve süresinin etkisinin tekstürel özelliklere olan etkisinin gözlemlendiği Şekil 61'den de gözlemleneceği gibi iç yapışkanlık değeri sıcaklık artışı ile artar iken sürenin artışı ile azalmaktadır. Gamsılık değeri için oluşturulan modelin R^2 değeri ise 0.9375 olarak bulunmuştur. Karışım suşu kullanılarak üretilen sucukların gamsılık değeri üzerinde sıcaklık ve sürenin lineer etkisi ile sıcaklığın kuadratik etkisi önemli bulunmuştur. Şekilden de gözlemleneceği gibi sıcaklık ve süre arttıkça örneklerin gamsılık değeri de önemli derecede artış göstermektedir. Çiğnenebilirlik parametresi için oluşturulan modelin R^2 değeri ise 0.8064 bulunmuş iken bu parametre üzerinde sadece sürenin lineer etkisi önemli bulunmuştur.



Şekil 62. Karışım suşu kullanılan sucuk örneklerinin tekstürel özelliklerinin fermantasyon sıcaklığı ve süresine bağlı değişimi

4.3.5 Sucuk Örneklerinin Mikroyapısal Özellikleri

EPS üreten *L. plantarum*, *L. mesenteroides* ve bu suşların karışımı kullanılarak üretilen sucuk örneklerine ait SEM görüntüleri Şekil'da verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi kontrol örneğinde ağsı bir yapı gözlemlenmez iken EPS üreten suşlar ile özellikle de karışım suşu kullanılarak üretilen deneme dizaynındaki R1, R5 ve R10 örneklerinde net bir şekilde ağsı bir yapı gözlemlenmiştir. Sucuk örneklerinin fizikokimyasal ve tekstürel özellikleri gibi mikroyapısal özelliklerini de üretimde EPS üreten suş kullanımı önemli şekilde etkilemiştir.

R1**R5****R10****Kontrol****L. mesent****L. plant****Karışım**

Şekil ... Farklı suşlar kullanılarak farklı fermantasyon koşullarında üretilen sucuk örneklerinin mikroyapısal özellikleri

REFERANSLAR

- Aime, D. B., Arntfield, S. D., Malcolmson, L. J., Ryland, D. 2001. "Textural analysis of fat reduced vanilla ice cream products". Food Research International, 34, 237-246.
- Aimutus, W.R. 2003. "Challenges in developing effective probiotic functional foods, including scientific and regulatory considerations", Bulletin of the IDF, 363, 30-38.
- Akalın, A., Karagözlü, C., Ünal, G. 2008. "Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin". European Food Research and Technology 227, 889-895.
- Akalın, A.S., Erişir, D., 2008. "Effects of Inulin and Oligofructose on the Rheological Characteristics and Probiotic Culture Survival in Low-Fat Probiotic Ice Cream". Journal of Food Science 73, 184-188.
- Akın, M.B., Akın, M.S., Kırmacı Z. 2007. "Effects of inulin and sugar levels on the viability of yogurt and probiotic bacteria and the physical and sensory characteristics in probiotic ice-cream". Food Chemistry, 104, 93–99.
- Aksu, M.İ. 2003. "Türk sucuğu üretiminde Urtica Dioica L. (ısırgan otu) kullanımının sucuğun kalitesi üzerine etkisi". Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences 27 (3), 685-693.
- Allen, K. E., Dickinson, E., Murray, B.S. 2006. " Acidified Sodium Caseinate Emulsion Foams Containing Liquid Fat: A Comparison with Whipped Cream." Lebensm.-Wiss. Technology, 39, 225–234.
- Anar, Ş., Soyutemiz, E., Temelli, S. Çetinkaya, F. 2000. "Doğal koşullarda üretilen ve ısı işlemi uygulanan sucuklarda starter kültürlerin kullanım olanakları". Uludağ Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 19(2), 51-57.
- Anonymous.
http://www.oxid.com/UK/blue/prod_detail/prod_detail.asp?pr=CM0361&c=
Son erişim tarihi: 24.07.2009
- Anonymous. <http://www.foodsci.uoguelph.ca/dairyedu/micro.html# starter>. Son erişim tarihi: 10.07.2009.
- Anonymous. <http://www.danlac.com/starter-cultures-shtml>. Son erişim tarihi: 10.07.2009.

- Anonymous. <http://www.dairyscience.info/cheese-starters-htm>. Son erişim tarihi: 27.07.2009.
- A.O.A.C., 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC. USA.
- Arena, A., Maugeri, T.L., Pavone, B., Lannello, D., Gugliandolo, C., Bisignano, G. 2006. "Antiviral and immunoregulatory effect of a novel exopolysaccharide from a marine thermotolerant *Bacillus licheniformis*", International Immunopharmacology, 6(1), 8-13.
- Aryana, K. J., Summers, M. 2006. "Probiotic fat-free, no sugar added ice-cream." Milchwissenschaft, 61(1), 184–187.
- Atamer, M., Sezgin E. 1987. "İnkübasyon sonu asitliğinin yoğurt kalitesi üzerine etkisi", Gıda, 12(4), 213-220.
- Badel, S., Bernardi, T., Michaud, P. 2011. "New perspectives for *Lactobacilli exopolysaccharides*", Biotechnol Adv., 29(1), 54-66.
- Bahiru, B., Mehari, T., Ashenafi, M. 2006. "Yeast and lactic acid flora of tej, an indigenous Ethiopian honey wine: Variations within and between production units", Food Microbiology, 23, 277–282.
- Braun, D. B., Rosen, M. R. 2000. Rheology modifiers handbook: Practical use and application. New York: William Andrew Publishing.
- Broadbent, J.R., McMahon, D.J., Welker, D.L., Oberg, C.J., Moineau, S. 2002. "Biochemistry, Genetics, and Applications of Exopolysaccharide Production in *Streptococcus thermophilus*". Journal of Dairy Science, 86, 407–423.
- Başyigit G., Karahan, G.K., Çakmakçı, M., L. 2005. "Probiyotik Olma Özelliği Taşıyan Laktik Ait Bakterilerinin Dondurma Üretiminde Kullanılması." 30(6), 419-424.
- Batt, A. 1986. "Genetic engineering of *Lactobacillus*", Food Technology, 40 (1), 95-112.
- Bayarri, S., Dolz, M., Hernandez, M. J. 2009. "Effect of Carboxymethyl Cellulose Concentration on Rheological Behavior of Milk and Aqueous Systems", Journal of Applied Polymer Science, 114, 1626–1632.
- Bhaskaracharya, R.K., Shah, N.P. 2000. "Texture characteristics and microstructure of skim milk mozzarella cheeses made using exopolysaccharide or non-exopolysaccharide producing starter cultures", The Australian Journal of Dairy Technology, 55, 132-138.

- Bouzar, F., Cerning, J., Desmazeaud, M. 1996. "Expolysaccharide production in milk bu *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* CNRZ 1187 and by two colonial variants", *Journal of Dairy Science*, 79, 205-211.
- Broadbent, J.R., McMahon, D.J., Welker, D.L., Oberg, C.J., Moineau, S. 2003. "Biochemistry, genetics, and applications of exopolysaccharide production in *Streptococcus thermophilus*: a review", *Journal of Dairy Science*, 86(2), 407-23.
- Butler, F., McNulty, P. 1995. "*Time dependent rheological characterisation of buttermilk a 5C*". *Journal of Food Engineering*, 25(4), 569–580.
- Chabot, S., Yu, H., De Leseleuc, L., Cloutier, D., Van Calsteren, M., Lessard, M., Roy, D., Lacroix, M., Oth, D. 2001. "Exopolysaccharides from *Lactobacillus rhamnosus* RW-9595M stimulate TNF, IL-6 and IL-12 in human and mouse cultured immunocompetent cells and IFN- γ in mouse splenocytes", *Le Lait*, 81, 683-697.
- Cerning, J., Bouillanne, C., Landon, M., Desmazeaud, M. 1992. "Isolation and characterization of exopolysaccharides from slime-forming mesophilic lactic acid bacteria", *Journal of Dairy Science*, 75, 692-699.
- Christiansen, P. S., Edelten, D., Kristiansen, J. R., Nielsen, E. W. 1996. "Some properties of ice cream containing *Bifidobacterium bifidum* and *Lactobacillus acidophilus*". *Milchwissenschaft*, 51, 502–504.
- Christiansen, P.S., Madeira, A.I.M.R., Edelsten, D. 1999. "The use of ropy milk as stabilizer in the manufacture of ice cream" *Milchwissenschaft*. 54, 138 .
- Çelik, E.S. 2007. "Determination of aroma compounds and exopolysaccharides formation by lactic acid bacteria isolated from traditional yogurts", (Yüksek Lisans), İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü.
- Coşkuner, Ö., 2002." Türk sucuğunda lipit oksidasyonuna ve serbest yağ asitleri oluşumuna ısıl işlemin etkisi". Yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Daeschel, M.A. 1989. " Antimicrobial substances from lactic acid bacteria for use as food Preservatives", *Food Technology*, 43, 164-167.
- Dal bello, F.D., Walter, J., Helter, C., Hammes, W.P. 2001. "In vitro study of prebiotic properties of levan-type exopolysaccharides from lactobacilli and non-digestible carbohydrates using denaturing gradient gel electrophoresis", *Systematic and Applied Microbiology*, 24, 232-237.

- Dalmış, U., Soyer, A., 2008. "Effect of processing methods and starter culture (*Staphylococcus xylosus* and *Pediococcus pentosaceus*) on proteolytic changes in Turkish sausages (sucuk) during ripening and storage", *Meat Science*, 80(2), 345-354.
- Dave, R.I., Shah, N.P. 1997. "Viability of Yoghurt and Probiotic Bacteria in Yoghurts Made from Commercial Starter Cultures", *International Dairy Journal*, 7, 31-41.
- Degeest, B., De Vuyst, L. 2000. "Correlation of activities of the enzymes alpha-phosphoglucomutase, UDP-galactose 4-epimerase, and UDPglucose pyrophosphorylase with exopolysaccharide biosynthesis by *Streptococcus thermophilus* LY03", *Applied and Environmental Microbiology*, 66, 3519-3527.
- Degeest, B., L. De Vuyst. 1999. "Indication that the nitrogen source influences both amount and size of exopolysaccharides produced by *Streptococcus thermophilus* LY03 and modelling of the bacterial growth and exopolysaccharide production in a complex medium", *Applied and Environmental Microbiology*, 65, 2863-2870.
- Derringer, G., Suich, R. 1980. "Simultaneous optimization of several response variables", *Journal of Quality Technology*, 12(4), 214–219.
- De stefano, D., Tommonaro, G., Simeon, V., Poli, A., Nicolaus, B., Carnuccio, R. 2007. " A polysaccharide from tomato (*Lycopersicon esculentum*) peels affects NF-KB activation in LPS-stimulated J774 macrophages", *Journal of Natural Products*, 70(10), 1636-1639.
- De vuyst, L., Degeest, B. 1999. "Indication that the nitrogen source influences both amount and size of exopolysaccharides produced by *Streptococcus thermophilus* LY03 and modeling of the bacterial growth and exopolysaccharide production in a complex medium", *Applied and Environmental Microbiology*, 65, 2863-2870.
- De Vuyst, L., Degeest, B. 1999." Heteropolysaccharides from lactic acid bacteria", *FEMS Microbiology Reviews*, 23, 153-177.
- De Vuyst, L., F. de Vin, F. Vanningelgem, B. Degeest. 2001. "Recent developments in the biosynthesis and applications of heteropolysaccharides from lactic acid bacteria", *International Dairy Journal*, 11, 687-707.

- De Vuyst, L., Vaningelgem, F. 2004. "Developing new polysaccharides from lactic acid bacteria", p. 275-320. *In* B. M. McKenna (ed.), *Texture in food*, vol. 2. Semi-solid foods. Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, United Kingdom
- Diez-Sales, O., Dolz, M., Hernandez, M.J., Casanovas, A., Herraes. 2007. "Rheological characterization of chitosan matrices: Influence of biopolymer concentration", *Journal of Applied Polymer Science*, 105, 2121–2128.
- Dinçer, E., Kıvanç, M., Karaca, H. 2010. "Biyokoruyucu Olarak Laktik Asit Bakterileri ve Bakteriyosinler", Anadolu Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü ve Eczacılık Fakültesi, Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Eskişehir, GD08059.
- Doleyres, Y., Schaub, L., Lacroix, C. 2005. "Comparison of the Functionality of Exopolysaccharides Produced In Situ or Added as Bioingredients on Yogurt Properties". *Journal of Dairy Science*, 88(12), 4146–4156.
- Dolz, M., Hernandez, M.J., Delegido, J. 2008. "Creep and recovery experimental investigation of low oil content food emulsions", *Food Hydrocolloids*, 22, 421-427.
- Duboc, P., Mollet, B. 2001. "Applications of exopolysaccharides in the dairy industry", *International Dairy Journal*, 11, 759-768.
- Duenias, M., Munduate, A., Perea, A., Irastorza, A. 2003. "Exopolysaccharides production by *Pediococcus dhmanosus* 2.6. in a semidefined medium under different growth conditions". *International Journal of Food Microbiology*, 87, 113-120.
- Ercoşkun, H., 1999. Farklı Starter Kültürler kullanılarak Üretilen Sucukların Bazı Özellikler ve Uçucu Aroma Bileşikleri (Yüksek Lisans Tezi), Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Ercoşkun, H., 2006. Isıl işlem uygulanarak üretilen sucukların bazı kalite özelliklerine fermentasyon süresinin etkileri. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ertaş, A.H., Göğüş, A.K., 1980. "Değişik Oranlarda Kuyruk Yağı ve Farklı Starter Kullanılmış Olan Sucuklar Üzerine Araştırmalar." *Doğa Bilim Dergisi*, 4(3), 48- 53.

- Ertugay, M.F., Başlar, M., Şengül, M., Sallan, S. 2012. " The Effect Of Acoustic Energy On Viscosity And Serum Separation Of Traditional Ayran, A Turkish Yogurt Drink". *Gıda*, 37(5), 253-257.
- European council directive. 1990. "The deliberate release into the environment of genetically modified organisms". *Official Journal L.*, 117, 15–27.
- European council directive. 2001. "The deliberate release into the environment of genetically modified organisms". *Official Journal L.*, 106, 1–39.
- Evren M., Albayram C., Apan M. 2006. "Laktik Asit Bakterilerinin Oluşturduğu Antimikrobiyel Maddeler", *Türkiye 9. Gıda Kongresi, Bolu*, 977-980.
- Faber, J.E. 2001. "Structure of the exocellular polysaccharide produced *Streptococcus tehrphilus S3*". *Carbohydrate Research*, 331, 173-182.
- Favaro-Trindade, C.S., Bernadi, S., Boldini, R.B., Balieiro, J.C.C. 2006. "Sensory acceptability and stability of probiotic microorganisms and vitamin C in fermented acerola ice-cream". *Journal of Food Science*, 71(6), 492–495.
- Faydi, E., Andrieu, J., Laurent, P., Peczalski, R., 2001. "Experimental study and modeling of the ice crystal morphology of model ice cream". *Journal of Food Engineering*, 48, 293–300.
- Filiz, N., 1996. Yüksek ısı uygulaması ile üretilen "Türk sucuklarında starter kültür kullanımı" üzerine araştırmalar, Doktora tezi. Uludağ Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Frengova, G.I., Simova, E.D., Beshkova, D.M., Simov, Z.I. 2002. "Exopolysaccharides produced by lactic acid bacteria of kefir grains." *Verlag der Zeitschrift für Naturforschung*, 57, 805-810.
- Garcia-Garbay, M., Marshall, V.M.E. 1991. "Polmer production by *Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus*", *Journal of Applied Bacteriology*, 70, 325-329.
- Goff, H.D. 1997." Colloidal aspects of ice cream". *International Dairy Journal*, 7, 363-373.
- Goh, K.K.T., Haisman, R.D. , Singh, H. 2005. "Examination of exopolysaccharide produced by *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* using confocal laser scanning and scanning microscopy techniques", *Journal of Food Science*, 70(4), 224-229.
- Goh, K.T., Nair, R., Matia-Merino, L., 2008. "Exploiting the Functionality of Lactic Acid Bacteria in Ice Cream". *Food Biophysics* 3, 295-304.

- González-Tomás, L., Bayarri, S., Taylor, A. J., Costell, E. 2008. "Rheology, flavour release and perception of low-fat dairy desserts". *International Dairy Journal*, 18(8), 858-866.
- Gökalp, H.Y., Ockerman H.W., 1985. "Herstellung von Rohwurst türkischer Art(soudjouk) mit Hilfe verschiedener Starterkulturen und unter verschiedenen Reifungstemperaturen. I. Wachstum der Gesamtkeimzahlen sowie der psychrophilen, proteolytischen und lipolytischen Keime." *Fleischwirtschaft*, 66(10), 1248-1254.
- Gençcelep, H., Kaban, G., Kaya, M. 2007. "Effects of Starter Cultures and Nitrite Levels on Formation of Biogenic Amines in Sucuk". *Meat Science*, 77(3), 424 – 430.
- Gökalp, H.Y., Kaya, M., Tülek, Y., Zorba, Ö. 1995. "Et Ürünlerinde Kalite Kontrolü ve Laboratuvar Uygulama Kılavuzu", Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 751, 268.
- Gürsel, A., Karademir, E., Çetin, T., Acar, E., Benli, M. 2005." Yağ, İçeriği Azaltılmış Kaşar Peynirinde Ekzopolisakkarit Üreten Kültür Kullanımı". TOGTAG-3018.
- Gürsoy, O., Çon, A.H., Gökçe, R., Gökalp, H.Y. 1999. "Fermente süt ürünlerinde bifidobakteriler ve sağlıkla ilişkisi", O.M.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 14(2), 173-183.
- Güven, M., Karaca, O.B., 2002. "The effects of varying sugar content and fruit concentration on the physical properties of vanilla and fruit ice-cream-type frozen yogurts. " *International Journal of Dairy Technology* 55, 27-31.
- Harrington, E. C. 1965. "The desirability function: Industrial Quality Control", 21, 494–498.
- Hassan, A.N., Frank, J.F., Schmidt, K.A., and Shalabi, S.I. 1996. "Rheological properties of yogurt made with encapsulated nonropy lactic cultures". *J. Dairy Sci.* 79, 2091–2097.
- Hassan, A.N., Frank, J.F., Qvist, K.B. 2002. "Direct observation of bacterial exopolysaccharides in dairy products using confocal scanning laser microscopy", *Journal of Dairy Science*, 85, 1705–1708.
- Hekmat, S., McMahon, D.J. 1992. "Survival of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium bifidum* in ice-cream for use as probiotic food". *Journal of Dairy Science*, 75(6), 1415–1422.

- Herreros MA, Sandoval H, González L, Castro JM, Fresno JM, Tornadijo ME. 2005. "Antimicrobial activity and antibiotic resistance of lactic acid bacteria isolated from Armada cheese (a Spanish goats' milk cheese)", *Food Microbiology*, 22, 455-459.
- Hess, S.J., Roberts, R.F., Ziegler, G.R. 1997. " Rheological properties of nonfat yogurt stabilized using *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* producing exopolysaccharide or using commercial stabilizer systems", *Journal of Dairy Science*, 80, 252-263.
- Homayouni, A., Azizi, A., Ehsani, M.R., Yarmand, M.S., Razavi, S.H., 2008. Effect of microencapsulation and resistant starch on the probiotic survival and sensory properties of synbiotic ice cream. *Food Chemistry* 111, 50-55.
- Hunter, J. S. 1959. "Determination of optimum condition by experimental methods", *Industrial Quality Control*, 15, 6–15.
- Kaban, G., Kaya, M., 2006. "Effect of Starter Culture on Growth of *Staphylococcus aureus* in Sucuk". *Food Control*, 17 (10), 797-801.
- Kaban, G., 2009. "Changes in the composition of volatile compounds and in microbiological and physicochemical parameters during pastirma processing". *Meat Science*, 82(1), 17-23.
- Kaya, M., Kaban, G., 2010. "Fermente Et Ürünleri. Gıda Biyoteknolojisi", Ed. Necla Aran, Nobel Yayın Evi.
- Karaca, O. B., Güven, M., Yasar, K., Kaya, S., Kahyaoglu, T. 2009. "The functional, rheological and sensory characteristics of ice creams with various fat replacers". *International Journal of Dairy Technology*, 62(1), 93-99.
- Kılıç, S., Karagözlü, C., Akbulut, N. 2000. "Süt ve Süt ürünleri Sempozyumu Tebliğler Kitabı, Ed: Mehmet Demirci, Rebel yayıncılık, Tekirdağ, S: 595.
- Kılıç S. 2001. "Süt Endüstrisinde Laktik Asit Bakterileri, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, İzmir, No:542, 451s.
- Kim, J.U., Kim, Y., Han, K.S., Oh, S., Whang, K.Y., Kim, J.N., Kim. S.H. 2006. "Function of cell-bound and released exopolysaccharides produced by *Lactobacillus rhamnosus* ATCC 9595", *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 16, 939-945.
- Kim, Y., Kim, J.U., Oh, S., Kim, Y.J., Kim, M., Kim, S.H. 2008. "Technical optimization of culture conditions for the production of exopolysaccharide

- (EPS) by *Lactobacillus rhamnosus* ATCC 9595”, Food Science and Technology, 17 (3), 587-598.
- Kimmel, S.A., Roberts, R.F. 1998. ”Development of a growth medium suitable for exopolysaccharide production by *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* RR”, International Journal of Food Microbiology, 40, 87-92.
- Kitazawa, H., Yamaguchi, T., Miura, M., Saito, T., Itoh, H. 1993. “B-Cell mitogen produced by slime-forming, encapsulated *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* isolated from ropy sour milk, viili “, Journal Dairy Science, 76, 1514-1519.
- Kitazawa, H., Harata, T., Uemura, J., Saito, T., Kaneko, T., Itoh, T. 1998. Phosphate group requirement for mitogenic activation of lymphocytes by an extracellular phosphopolysaccharide from *Lactobacillus delbrueckii* spp. *bulgaricus*. International Journal of Food Microbiology, 40, 169–175.
- Koksoy, A, Kılıc, M. 2003.” Effects of water and salt level on rheological properties of ayran,a Turkish yoghurt drink” International Dairy Journal 13, 835–839.
- Korakli, M., Ganzle, M.G., Vogel, R.F. 2002. Metabolism by bifidobacteria and lactic acid bacteria of polysaccharides from wheat and rye, and exopolysaccharides produced by *Lactobacillus sanfranciscensis*. Journal of Applied Microbiology, 92(5), 958-65.
- Kök Taş, T., Güzel-Seydim, Z. 2010. “Çeşitli Yağ İkame Maddeleri Ve Probiyotik Kullaniminin Ayran Kalite Kriterleri Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi” Gıda, 35(2), 105-111.
- Kristensen, D., Jensen, P. Y., Madsen, F., Birdi, K. S. 1997. “Rheology and surface tension of selected processed dairy fluids: Influence of temperature”. Journal of Dairy Science, 80(10), 2282–2290.
- Kumar, A.S., Mody, K., Jha., B. 2007. “Bacterial exopolysaccharides-a perception”, Journal of Basic Microbiology, 47(2), 103-17.
- Laws, A.P., Marshall, V.M. 2001.”The relevance of exopolysaccharides to the rheological properties in milk fermented with ropy strains of lactic acid bacteria”. International Dairy Journal. 11, 709–721.
- Laws, A., Gu, Y., Marshall, V. 2001. “Biosynthesis, charactersation, and design of bacterial exopolysaccharides from lactic acid bacteria”, Biotechnology Advances, 19, 597-625.

- Lokumcu, F., Fıratlıgil-Durmus, E., Evranuz, O. 2002. "Determination of rheological properties of several ayran sold in Istanbul area. In Proceedings of seventh Turkish food congress Ankara, Turkey, 257–265.
- Looijesteijin, P.J., Boels, I., Kleerebezem, M., Hungenholtz, J. 1999. "Regulation of Exopolysaccharide production by lactococcus lactis ssp.cremoris by the sugar sources", Applied and Environmental Microbiology, 65(11), 5003-5008.
- Manconi, M., Mura, S., Manca, M.L., Fadda, A.M., Dolz, M., Hernandez, M.J., Casanovas, A., Diez-Sales, O. 2010. "Chitosomes as drug delivery systems for C-phycoyanin: Preparation and characterization", International Journal of Pharmaceutics, 392, 92-100.
- Marshall, V.M., Rawson, H.L. 1999. "Effects of exopolysaccharide-producing strains of thermophilic lactic acid bacteria on the texture of stirred yoghurt", International Journal of Food Science and Technology, 34, 137-143.
- Marshall, R.T., Goff, H.D., Hartel, R.W. 2003. "Ice cream". New York: Aspen Publishers.
- Mayra-Makinen, A., Bigret, M. 1998. "Industrial Use and Production of Lactic Acid Bacteria", in Lactic acid Bacteria, Microbiology and Functional aspects, edited by S. Salminen and A. Von Wright (Marcel Dekker Inc, New York, 1998), 73-103.
- Metin, M., Öztürk, G. F. 2002. "Süt ve Mamülleri Analiz Yöntemleri (Duyusal, Fiziksel ve Kimyasal Analizler)", Ege Meslek Yüksekokulu Basımevi, Bornova-İzmir.
- Milci, S., Yaygın, H. 2005. "Laktik Asit Bakterileri Tarafından Üretilen Ekzopolisakkaritler ve Süt Ürünlerindeki Fonksiyonları". Gıda, 30(2), 123-129.
- Mozzi, F., Oliver, G., De Gion, G.S., De Valdez, G.F. 1995. "Influence of temperature on the production of exopolysaccharides by thermophilic lactic acid bacteria", Milchwissenschaft, 50, 80-82.
- Mozzi, F., Savoy de Giori, G., Font de Valdez, G. 2003. " UDP-galactose 4-epimerase: a key enzyme in exopolysaccharide formation by Lactobacillus casei CRL 87 in controlled pH batch cultures." Journal of Applied Microbiology., 94(2),175-83.



- Mozzi, F., Vaningelgem, F., Hébert, E.M., Van der Meulen, R., Moreno, M.R., Font de Valdez, G., De Vuyst L. 2006. "Diversity of Heteropolysaccharide-Producing Lactic Acid Bacterium Strains and Their Biopolymers". *Applied Environmental Microbiology*, 72(6), 4431–4435.
- Mozzi, F., Savoy de Giori, G., Font de Valdez, G. 2003. "UDP-galactose 4-epimerase: a key enzyme in exopolysaccharide formation by *Lactobacillus casei* CRL 87 in controlled pH batch cultures", *Journal of Applied Microbiology*, 94, 175-183.
- Muse, M.R., Hartel, R.W. "2004". Ice cream structural elements the affect melting rate and hardness". *Journal of Dairy Science*. 87, 1–10.
- Nazaruddin, R., Syaliza, A. S., Rosnani, A. I. W. 2008. "The effect of vegetable fat on the physicochemical characteristics of dates ice cream". *International Journal of Dairy Technology*, 61(3), 265-269.
- Ouwehand, A.C., Salvadori, B.B., Fonden, R., Mogensen, G., Salminen, S., Sellars, R. 2003. "Health effects of probiotics and culture containing dairy products in humans", *Bulletin of the IDF*, 380, 4-19.
- Penna, A. L. B., Sivieri, K., Oliviera, M. N. 2001. "Relation between quality and rheological properties of lactic beverages." *Journal of Food Engineering*, 49(1), 7–13.
- Phyo, A.T., Myint, M., Aye, K.N. 2008. "Production of exopolysaccharides from selected lactic acid bacteria of food origins, GMSARN International Conference on Sustainable Development: Issues and Prospects for the GMS", The Third GMSARN International Conference, Kunming, China, November 12-1.
- Phianmongkhol., A., Rongkom, H., Wirjantoro, T.I. 2012." Effect of Fat Replacer Systems and Maltitol on Qualities of Fat and Calorie Reduced Dairy Ice Cream". *Division of Food Science and Technology*. 11(1), 193.
- Pigeon, R.M., Cuesta, E.P., Gilliland, S.E. 2002. "Binding of free bile acids by cells of yogurt starter culture bacteria", *Journal of Dairy Science*, 85, 2705-2710.
- Purwandari, U., Vasiljevic, T. 2010. "Rheological characterization of exopolysaccharides produced by two strains of *Streptococcus thermophilus*", *International Food Research Journal*, 17, 575-582.
- Ramchandran, L., Shah, N.P. 2009. " Effect of exopolysaccharides on the proteolytic and angiotensin-I converting enzyme-inhibitory activities and

- textural and rheological properties of low-fat yogurt during refrigerated storage". *Journal of Dairy Science*, 92(3), 895-906.
- Rawson, H.L., Marshall, V.M. 1997. Effect of "ropy" strains of *Lactobacillus delbrueckii* spp. *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* on rheology of stirred yogurt. *International Journal of Food Science and Technology*, 32, 213–220.
- Regand, A., Goff, H.D., 2003. "Structure and ice recrystallization in frozen stabilized ice cream model systems". *Food Hydrocolloids* 17, 95–102.
- Roginski, H. 1999. "Fermented milks: products from Northern Europe", *Encyclopedia of Food Microbiology*, 791-798.
- Roller, S., Dea, I.C.M. 1992. "Biotechnology in the production and modification of biopolymers for food", *Critical Reviews in Biotechnology*, 12, 261-277.
- Rossa, P.N, Estela Mary, F., Burin, V.M., Bordignon-Luiz, M.T. 2011. "Optimization of microbial transglutaminase activity in ice cream using response surface methodology". *LWT - Food Science and Technology* 44, 29-34.
- Rossa, P.N., Burin, V.M., Bordignon-Luiz, M.T. 2012. " Effect of microbial transglutaminase on functional and rheological properties of ice cream with different fat contents". *Food Science and Technology*, 48, 224-230.
- Ruas- Madiedo P., Tuinier R., Kanning M., Zoon P. 2002. " Role of exopolysaccharides produced by *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* on the viscosity of fermented milks". *International Dairy Journal*, 12, 689-695.
- Ruas-Madiedo, P., De los Reyes-Gavilán, C.G. 2005. "Methods for the screening, isolation, and characterization of exopolysaccharides produced by lactic acid bacteria", *Journal of Dairy Science*, 88, 843-856.
- Sezgin, E., Şenel, E., Benli, M. 2011." Effects Of Using Transglutaminase On Properties Of Ayran In Traditional Production Of Ayran". *The Journal of Food*, Vol. 36 (4), 217-224.
- Skriver, A., Holstborg, J., Qvist, K.B. 1999. "Relation between sensory texture and rheological properties of stirred yogurt", *Journal of Dairy Research*, 66, 609-618.
- Soukoulis, C., Chandrinos, I., Tzia, C. 2008. "Study of the functionality of selected hydrocolloids and their blends with k-carrageenan on storage quality of vanilla ice cream". *LWT e Food Science and Technology*, 41(10), 1816-1827.

- Soukoulis, C., Lyroni, E., Tzia, C. 2010. "Sensory profiling and hedonic judgement of probiotic ice cream as a function of hydrocolloids, yogurt and milk fat content". *Food Science and Technology* 43, 1351-1358.
- Soyer, A., Ertaş, A.H., Üzümcüoğlu, Ü., 2005. "Effect of Processing Conditions on the Quality of Naturally Fermented Turkish Sausages (sucuks)". *Meat Science*, 69, 135-141.
- Soyutemiz, E., Çetinkaya, F. ve Anar, Ş. 2001. "Yerli sucuklarımızda olgunlaşmanın ve pastörizasyon işlemi uygulamanın *Listeria monocytogenes* üzerine etkisi". *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 27(1), 99-113.
- Soyutemiz, E., Oruç, H.H., Ceylan, S. ve Çetinkaya, F. 2004. Farklı teknolojilerle üretilen yerli sucukların üretim aşamalarında nitrat ve nitrit miktarlarında meydana gelen değişiklikler. *Gıda* 29(1), 73-78.
- Stingle, F., Neeser, J.R., Mollet, B. 1996. "Identification and characterization of eps(exopolysaccharide) gene cluster from *Streptococcus thermophilus* Sfi6", *Journal of Bacteriology*, 178, 1680-1690.
- Sutherland, I.W. 1972. "Bacterial exopolysaccharides", *Advances in Microbial Physiology* (AH Rose, ed) Academic Press, New York, USA.
- Şimşek O, Bilgin B. 1996. "Gıda sanayinde kullanılan laktik asit bakterilerinin oluşturdukları antibiyotiklerin biyokimyasal ve genetik özellikleri", *Standart*, 409, 89- 96.
- Tallon, R., Bressollier, P., Urdacı, M.C. 2003. "Isolation and characterization of two exopolysaccharides produced by *Lactobacillus plantarum* EP56", *Research in Microbiology*, 154, 705-712.
- TGK, 2000. Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği, Et Ürünleri Tebliği. Tebliğ No: 2000/4, Resmi Gazete, 10.02. 2000 – 23960.
- Thakur, R.K., Vial, C., Djelveh, G. 2006. "Effect of pH of food emulsions on their continuous foaming using a mechanically agitated column". *Innovative Food Science Emerging Technologies*. 7, 203.
- Tekinşen, O.C., Atasever, M. 1994. "Süt Ürünleri Üretiminde Starter Kültür, Selçuk Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Yayını, 150, Konya.
- Tieking, M., Korakli M., Ehrmann, M., Ganzle, M.G., Vogel, R.F. 2003. "In situ production of exopolysaccharides during sourdough fermentation by cereal and intestinal isolates of lactic acid bacteria", *Appl Environ Microbiol*, 69, 945-952.

- Tomb, M., Harding, S.E. 1998. "An Introduction to Polysaccharide Biotechnology", Taylor and Francis, 185-205.
- Toptancı, İ., 2007. "Sucuğun renk ve tekstürüne farklı ısıl işlem sıcaklıklarının etkisi". Yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Torino, M.I., F. Mozzi, G., Font de Valdez, G. 2005. "Exopolysaccharide biosynthesis by *Lactobacillus helveticus* ATCC 15807", Appl. Microbiol. Biotechnology, 68, 259-265.
- TSE, 2002. "Türk Standartları Enstitüsü, Türk Sucuğu Standardı", TS 1070, Ankara
- Tuinier, R., van Casteren, W.H.M., Looijesteijn, P.J., Schols, H.A., Voragen, A.G.J., and Zoon, P. 2001. "Effects of structural modifications on some physical characteristics of exopolysaccharides from *Lactococcus lactis*". Biopolymers., 59, 160–166.
- Van Kranenburg, R., Voss, H.R., Van Swam, I.I. Willem, N.J., De Vos, V.M. 1999. "Functional analysis of glycosyltransferases genes from *Lactococcus lactis* and other gram-positive cocci: complementation, expression, and diversity". Journal of Bacteriology, 181, 6347-6353.
- Van der Meulen, R. Grosu-Tudor, S. Mozzi, F., Vanilgelgern, F., Zamfir, M., de Valdez, G.F., De Vuyst, L. 2007. "Screening of lactic acid bacteria isolates from dairy and cereal products for exopolysaccharide production and genes involved", International Journal of Food Microbiology, 118, 250-258.
- Van Hijum, S.A. 2006. "Structure-function relationships of glucansucrase and fructansucrase enzymes from lactic acid bacteria", Microbiol Mol Biol Rev, 70, 157-76.
- Vaningelgem, F., Zamfir, M., Mozzi, F., Adriany, T., Vancanneyt, M., Swings, J. , De Vuyst., L. 2004. "Biodiversity of exopolysaccharides produced by *Streptococcus thermophilus* strains is reflected in their production and their molecular and functional characteristics", Appl. Environ. Microbiology, 70, 900-912.
- Vardar, N. B., Oksuz, O. 2007. "Artisan strawberry ice-cream made with supplementation of *Lactococci* or *Lactobacillus acidophilus*". Italian Journal of Food Science, 19(4), 403–411.



- Wang, Y., Ahmed, Z., Feng, W., Li, C., Song, S. 2008. "Physicochemical properties of exopolysaccharide produced by *Lactobacillus kefiranofaciens* ZW3 isolated from Tibet kefir", International Journal of Biological Macromolecules, 43 (3), 283-288.
- Wee, M.S.M., Matia-Merino, L., Carnachan, S.M., Sims, IM., GOH, K.K.T. 2014. Structure of a shear-thickening polysaccharide extracted from the New Zealand black tree fern, *Cyathea medullaris*". International Journal of Biological Macromolecules. 70, 86-91.
- Welman, A.D., Maddox, I.S. 2003. "Exopolysaccharides from lactic acid bacteria: Perspectives and challenges", Trends in Biotechnology, 21, 269-274.
- Yetişmeyen, A. 1995. "Süt Teknolojisi", Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 1420, 229.
- Yöney, Z., 1973. Süt ve Mamülleri Muayene ve Analiz Metodları. 2. Baskı, A. Ü.Basımevi, Ankara.
- Zisu, B., Shah, N.P. 2003. "Effects of ph, temperature, supplementation with whey protein concentrate, and adjunct cultures on the production of exopolysaccharides by streptococcus thermophilus 1275", Journal of Dairy Science, 86, 3405-3415.
- Zhou, F., Wu, Z., Chen, C., Han, J., Ai, L., Benheng, G. 2014. " Exopolysaccharides produced by Rhizobium radiobacter S10 in whey and their rheological properties" Food Hydrocolloids 36, 362-368.

TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje Yürütücüsü:	Doç. Dr. MUSTAFA TAHSİN YILMAZ
Proje No:	112O169
Proje Başlığı:	Ekzopolisakkarit (EPS) Üreten Laktik Asit Bakterilerinin Bazı Gıdaların Tekstürel, Reolojik ve Mikroyapısal Özelliklerine Etkisi
Proje Türü:	Araştırma
Proje Süresi:	24
Araştırmacılar:	OSMAN SAĞDIÇ, MUHAMMET ARICI
Danışmanlar:	HASAN YETİM
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi:	YILDIZ TEKNİK Ü. KİMYA METALURJİ F. GIDA MÜHENDİSLİĞİ B.
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:	01/11/2012 - 01/11/2014
Onaylanan Bütçe:	246200.0
Harcanan Bütçe:	216419.29

TÜBİTAK

Öz:	<p>Bazı laktik asit bakterileri (LAB) ekzopolisakkaritler (EPS) gibi gıda maddelerinin yapısını düzelten bazı maddeler üretmek teknolojik yönden faydalı olmalarının yanında, aynı zamanda probiyotik özellikte olabildikleri için insan sağlığı üzerine de birçok faydalı etkiler gösterebilmektedirler. EPS'ler buldukları gıda ürünlerinin reolojik ve tekstürel özelliklerinde olumlu değişimlere neden olurlar. Bakteriyel polisakkaritler saflaştırılarak bazı gıdalarda kullanılabilirler gibi, son yıllarda olduğu gibi EPS üreten mikroorganizmaların doğrudan gıda üretiminde kullanılması, böyle gıdaların daha ekonomik ve daha kaliteli üretimi için tercih edilen kolay bir yöntem haline gelmiştir. Bu nedenle EPS üreten laktik asit bakterileri (LAB) gıda endüstrisinde ekonomik açıdan büyük önem arz etmektedirler. Bu sebeple EPS üreten kültürler, günümüzde kıvamlı bir ayran üretimi için özellikle ülkemizdeki işletmeler tarafından daha fazla tercih edilmektedir.</p> <p>Yurtdışı kaynaklı EPS üreten ticari bakteri kültürlerinin temin edilerek, bu bakterilerin ilave edilmesine uygun bazı gıda ürünlerinde kullanılması sonucu, bu gıdaların reolojik ve tekstürel özelliklerinde meydana gelecek değişimlerin detaylı olarak incelenmesi, bu özelliklerin önemli olduğu gıdaların kalitesinin geliştirilmesine büyük katkı sağlayacağı, gıda sanayisine ise büyük katma değer vereceği düşünülmektedir. EPS üreten bakterilerin optimum gelişme sıcaklıkları ve süresinde EPS üretimlerinin, stres koşullardan daha az olduğu birçok araştırmacı tarafından tespit edilmiştir. Proje ekibimizin yaptığı ön denemeler neticesinde, salep kullanılmadan EPS üreten bakterilerin kullanılmasıyla üretilen dondurmada da bu durum gözlenmiştir. Proje öncesi özellikle dondurmada bazı ön denemeler yapılarak oldukça ümit verici sonuçlar alınmış ve patent başvurusu yapılmıştır (Patent bülteni yayın tarihi: 2010/04/21, Patent Dosya No: 2010/04131). Ancak bu tür ürünlerin tekstürel ve reolojik özelliklerinin de detaylı olarak araştırılmasına ihtiyaç bulunmaktadır.</p> <p>Bu nedenlerle sunulan bu projede 2 temel aşamanın gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir. İlk aşamada, yurtdışından liyofilize edilmiş halde temin edilecek EPS üreten LAB ile dondurma, ayran ve fermente sucuk gibi çeşitli gıda ürünleri, farklı inkübasyon sıcaklığı ve süresi uygulanarak üretiler. Farklı inkübasyon sıcaklık ve sürelerinin etkisi Response Surface Metodu (Cevap Yüzey Yöntemi) kullanılarak optimize edilecektir. İkinci aşamada ise, bu şekilde üretilen gıda ürünlerinin fizikokimyasal, mikrobiyolojik, duyuşal, reolojik, tekstürel ve mikroyapısal özelliklerinin detaylı bir şekilde ortaya konulmasına çalışılacaktır.</p> <p>Bugüne kadar yapılan çalışmalarda EPS üretim yeteneğine sahip LAB kullanılarak üretilen gıdaların çeşitli özellikleri incelenmiştir. Ancak, EPS üreten LAB'nin, ülkemizde yaygın olarak üretilen fermente gıdalarımıza inokülasyonu ile bu gıdaların reolojik ve tekstürel özelliklerinde meydana gelen değişimlerin detaylı olarak incelendiği ve sonuçların ortaya konulduğu bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle sunulan bu projede, maksimum EPS üretme yeteneğindeki LAB suşları ile üretilen çeşitli gıda ürünlerinin fizikokimyasal, mikrobiyolojik, duyuşal, reolojik, tekstürel ve mikroyapısal özelliklerinde meydana gelen değişimlerin RSM metodu ile analizi ve bu değerlerin optimum seviyelerinin desirability (çekicilik) fonksiyon analizleri ile belirlenmesi hedeflenmekte, bu özelliklerin detaylı ve hassas bir şekilde ortaya konulması amaçlanmaktadır. Böylece, sunulan bu proje kapsamındaki yapılacak çalışma ile hem literatürdeki bu boşluğun doldurulması, hem de hangi suş ile hangi özellikte gıda ürününün üretilebileceğinin ortaya konularak istenen nitelikte ürün geliştirme açısından gıda endüstrisine büyük girdiler sağlanması hedeflenmektedir.</p>
Anahtar Kelimeler:	EKZOPOLISAKKARİTLER, LAKTİK ASİT BAKTERİLERİ, OPTİMİZASYON, REOLOJİK TEKSTÜREL MİKROYAPI ÖZELLİKLER
Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu Mu?:	Hayır