T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YENİLEBİLİR BİTKİSEL YAĞLI SÜTLÜ BUZUN REOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN OPTİMİZE EDİLMESİ

Tezi Hazırlayan
Salih KARASU

Tezi Yöneten
Doç. Dr. Mahmut DOĞAN

Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Temmuz 2009
KAYSERİ

T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YENİLEBİLİR BİTKİSEL YAĞLI SÜTLÜ BUZUN REOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN OPTİMİZE EDİLMESİ

Tezi Hazırlayan
Salih KARASU

Tezi Yöneten
Doç. Dr. Mahmut DOĞAN

Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Bu çalışma, Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FBT-08-602 kodu ile desteklenmiştir.

Temmuz 2009
KAYSERİ

Doç. Dr. Mahmut DOĞAN danışmanlığında **Salih KARASU** tarafından hazırlanan **"Yenilebilir Bitkisel Yağlı Sütlü Buzun Reolojik Özelliklerinin Optimize Edilmesi"** adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

09.07.2009

JÜRİ:

Başkan : Doç. Dr. Ahmed KAYACIER.....

Üye : Doç. Dr. Mahmut DOĞAN.....

Üye : Doç. Dr. Kemal SARIOĞLU.....

ONAY:

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulunun 28/07/2009 tarih ve 2009/24-22 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

28 / 07 / 2009

Prof. Dr. Nusret AYYILDIZ
Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın planlanmasından tamamlandığı ana kadar her türlü konuda maddi ve manevi desteğini her zaman yanımda hissettiğim, danışmanlığında bulunmaktan hep mutlu olduğum çok mümtaz ve değerli danışman hocam Doç. Dr. Mahmut DOĞAN'a, literatür noktasında bulgularını benimle paylaşan değerli hocalarım Doç. Dr. Kemal SARIOĞLU ve Doç. Dr. Ahmed KAYACIER'e, güzel bir işbirliği ve dayanışma ortamının bulunduğu bölümümüzde bunun oluşumu ve sürekliliğinin sağlanması noktasında huzurlu bir araştırma ortamı sunan değerli bölüm başkanım Prof. Dr. Hasan YETİM'e, bütün laboratuar çalışması aşamalarında desteklerini esirgemeyen Arş. Gör. Safa KARAMAN, Arş. Gör. Mustafa MORTAŞ ve Uzman Okan BAYRAM'a, bu çalışmayı FBT-08-602 kodu ile maddi noktada destekleyen Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine ve bu günlere gelmemde emeği olan çok sevgili aileme teşekkür ediyorum.

YENİLEBİLİR BİTKİSEL YAĞLI SÜTLÜ BUZUN REOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN OPTİMİZE EDİLMESİ

Salih KARASU

Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Temmuz 2009
Tez Danışmanı: Doç.Dr. Mahmut DOĞAN

ÖZET

Bu çalışmanın amacı bazı stabilizatörler kullanarak yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buzun reolojik özelliklerinin optimizasyonunun sağlanmasıdır. Bu çalışmada stabilizatör olarak Locus Bean gum (LBG), ksantan gum, sodyum aljinat ve bu stabilizatörlerin karışımları kullanılmıştır. Ayçiçeği yağı ve ksantan gam kullanarak hazırlanan kontrol örneğin yanında soya yağı ve zeytinyağı kullanılarak farklı bitkisel yağ içeriğine sahip yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buz örnekleri hazırlanmıştır. Örneklerin reolojik özelliklerinin tanımlanmasında üslü yasa modeli kullanılmıştır. Elde edilen reolojik veriler hazırlanan örneklerin hepsi için artan kesme hızına bağlı olarak viskozitelerinin azaldığını göstermiştir. Farklı bitkisel yağ ve farklı stabilizatör kullanımının örneklerin viskozite, kıvam katsayısı ve n değerleri üzerine etkisi istatiksel olarak önemli bulunmuştur. Soya yağı ile hazırlanan örneklerin viskozite ve kıvam katsayısı değerleri diğer örneklerle karşılaştırıldığında genelde daha yüksek bulunmuştur. Ksantan gam kullanılarak hazırlanan örneklerin görünür viskozite ve kıvam katsayısı değerleri daha yüksek bulunurken en yüksek kıvam katsayısı ve görünür viskozite değerleri LBG ve ksantan gam karışımı içeren örneklerden elde edilmiştir. Farklı bitkisel yağ ve farklı stabilizatör kullanımının örneklerin fiziko kimyasal özelliklerine etkisi istatiksel olarak önemli bulunmuştur. Duyusal analiz sonuçları ise en beğenilen örneğin ayçiçeği yağı ile hazırlanan kontrol örneği olduğunu ortaya koymuştur. Soya yağı ile hazırlanan örneklerin duyusal skorları kontrol örneğine yakın bulunmuştur. Sonuç olarak soya ve zeytinyağının bitkisel yağlı sütlü buz formülasyonunda kullanılabileceği ve LBG ve ksantan gamın en uygun stabilizatör karışımı olduğu gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sütlü buz, reoloji, stabilizatörler,

OPTIMIZATION RHEOLOGICAL PROPERTIES OF VEGETABLE FAT EDIBLE MILK ICE

Salih KARASU

Erciyes University, Graduate School of Naturel and Applied Sciences
M.Sc. Thesis, July 2009
Thesis Supervior: Assoc. Prof.Dr. Mahmut DOĞAN

ABSTRACT

The objective of study is optimisation of rheological properties of vegetable fat edible milk ice by using some stabilisers. Locust bean gum, xanthan gum, sodium alginat and their combinatons were used as a stabilisers in this study. Sun flower oil and xanthan gum were used in control sample and olive oil and soy oil were used for prepearing other edible ice samples. The rheological characterizaton of sample was described by power-law model. Accordig to rheological data, every sample showed shear thining behaviour, appearing vicosities of samples decreased with increasing shera rate. Effect of oil and stabilisers type on appearent viscosity, consistency coeficient value and flow behviour index was significant. The viscosites and K values of samples which prerared soy oil were generaly higher than samples with olive oil. The viscosities and K values of samples whith prepared with ksantan gam was higher than other samples and highest vicosity and K value was obtained from the sample wich contained xanthan gam and LBG. Oil and stablisers type on physico-chemical properties of sample was signıficant. According to sensory analysis sample with prepared sun flover oil was the most prefered sample and the sensory analysis score of samples with prepared soy oil were close to control sample. In conclusion LBG and xanthan gum mixture was the most proper combination for edible ice sample.

Keywords: Rhelogy, edible ice, stabilisers

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY i
TEŞEKKÜR ii
ÖZET iii
ABTRACT iv
TABLOLAR LİSTESİ vii
ŞEKİLLER LİSTESİ viii
1.BÖLÜM 1
GİRİŞ 1
2.BÖLÜM 3
GENEL BİLGİLER 3
3. BÖLÜM 21
MATERYAL VE YÖNTEM 21
3.1. Materyal 21
3.2. Yöntem 21
3.2.1. Yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buz örneklerinin hazırlanması 21
3.2.2 Yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buz miksinde yapılan analizler 23
3.2.2.1 Fizikokimyasal analizler 23
3.2.2.1.1 Titrasyon asitliği tayini 23
3.2.2.1.2 pH tayini 23
3.2.2.1.3 Renk tayini 24
3.2.2.1.4 Reolojik analizler 24
3.2.3 Yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buz ürünü üzerine yapılan analizler 24
3.2.3.1. Hacim artışı (over run) tayini 24
3.2.3.2 Erime oranı tayini 25
3.2.3.3 Erime süresi tayini 25
3.2.3.4 Üründe yapılan duyusal analizler 25
3.2.4 İstatistiksel analizler 25
4. BÖLÜM 27
BULGULAR 27
5.BÖLÜM 39

TARTIŞMA-SONUÇ VE ÖNERİLER 39
KAYNAKLAR 44
ÖZGEÇMİŞ 49

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Dondurma ve benzeri ürünlerin tipik bileşimi 4
Tablo 2.2. Newtonian ve Newtonian olmayan akışkanların akış davranış özellikleri 17
Tablo 3.1. Hazırlanan örnek grupları 22
Tablo 4.1. Yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buz mikslerine ait K n ve R^2 değerleri 29
Tablo 4.2. Yenilebilir sütlü buz mikslerine ait fizikokimyasal dğerler..... 31
Tablo 4.3. Yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buz mikslerine ait L, a,b değerleri 34
Tablo 4.4. Yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buz mikslerine ait erime süresi değerleri 35

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Çeşitli akışkanların kesme hızına bağlı olarak kesme streslerindeki değişim 19
Şekil 3.1. Yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buz üretim akım şeması..... 22
Şekil 3.2. Duyusal analiz değerlendirme formu..... 26
Şekil 4.1. Kontrol gurubu yenilebilir sütlü buz miksinin görünür viskozitesinde değişimi . 27
Şekil 4.2. Soya yağı ile hazırlanan yenilebilir sütlü buz misklerinin viskozite değişimleri . 28
Şekil 4.3. Zeytinyağı il hazırlanmış örneklerin görünür viskozite değerlerindeki değişim .. 29
Şekil 4.4. $55s^{-1}$ kesme hızında örneklerin görünür viskozite değerleri 30
Şekil 4.5. Yenilebilir sütlü buz misklerinin kıvam katsayısı değerleri 31
Şekil 4.6. Yenilebilir sütlü misklerinin kış davranış indeksi (n) değerleri..... 32
Şekil 4.7. Yenilebilir sütlü buz mikslerine ait titrasyon asitliği değerleri..... 33
Şekil 4.8. Yenilebilir sütlü bitkisel yağlı buz mikslerine ait pH değerleri 34
Şekil 4.9. Yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buz örneklerinin duyusal değerleri..... 38

1. BÖLÜM

GİRİŞ

Dondurma ve yenilebilir sütlü buzlar yapılarındaki süt proteini, şeker, süt yağı ve bitkisel yağ içermelerinden dolayı besleyici değeri yüksek, kendilerine has aromaları ve serinletici etkilerinden dolayı özellikle yaz aylarında geniş bir tüketici grubu tarafından tüketilen ürünlerdir. Yenilebilir sütlü buz ürünü, başlıca yağ, süt yağsız kuru maddesi, şeker, stabilizatör, emülgatör ve bazı durumlarda da aroma maddelerinin ilave edilmesiyle elde edilen bir süt ürünüdür. Yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buz ise sütlü buzdan farklı olarak süt yağı yerine bitkisel yağ içeren ürün olarak tanımlanmaktadır. Dondurma yenilebilir sütlü buza göre daha fazla süt yağı içeren ve içerik olarak yenilebilir sütlü buza oldukça benzeyen bir üründür. Yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buzlar dört yıl önce Türk Gıda Kodeksinde yerini almasına rağmen halen, ülkemizde bu ürünün dondurmadan farklı bir ürün olduğu çok az tüketici tarafından bilinmektedir. Özellikle endüstriyel olarak üretilen bitkisel yağlı sütlü buzlar dondurma gibi süt yağı içeriğine sahip olduğu düşünülmektedir.

Dondurma ve benzeri gıdalar dünyanın hemen hemen her bölgesinde tüketilmelerine rağmen gerek iklim farklılıkları gerekse kültürel farklılıklardan dolayı farklı tüketim miktarlarına sahiptirler. Birçok ülkede dondurulmuş süt tatlıları olarak geniş bir tüketim alanına sahip olan bu gıdalar bazı ülkelerde ise yalnızca serinletici etkilerinden dolayı çoğunlukla yaz aylarında tüketilmektedir.

Dondurma ve benzeri gıdaların tüketim miktarı Yeni Zelanda da kişi başına yıllık 25 litre, ABD'de 21,5 litre, Yunanistan'da 22 litre ülkemizde ise yaklaşık 2,7 litre civarındadır. Bu gıdalar ülkemizde toplam 180 milyon litre tüketim miktarı ve yaklaşık 1 milyar dolar pazar payıyla önemli bir ekonomik değere sahiptir. Dondurma ve bitkisel yağlı sütlü buzlar; dondurma ve benzeri gıdalar içerisinde en fazla üretilen ürünlerdir. Bu ürünlerin üretimi toplam dondurma ve benzeri gıdalar içerisinde %90 civarındadır.

Dondurma yapısındaki süt yağından dolayı besleyici değerinin yüksek olmasına karşın yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buzlara göre maliyeti yüksek ve tüketim oranı sınırlıdır. Yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buzların içeriğindeki bitkisel yağ kullanımı ile birlikte doyurucu etkisinin ve maliyetinin düşük olması nedeniyle tüketim miktarı dondurmaya göre daha fazladır. Ayrıca bitkisel yağlı sütlü buzların içeriğindeki bitkisel yağların fonksiyonel özelliğe sahip olmaları bu ürünlerinde de fonksiyonel gıda olarak tüketilebilmelerine olanak vermektedir.

Yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buzların istenilen tekstürel, kıvam ve duyusal kalitede olması için bazı katkı maddelerinden faydalanmaktadır. Özellikle raf ömrünün uzatılması, erimeye karşı direncin artırılması ve ağızda homojen bir erime sağlanabilmesi için ürün formülasyonunda stabilizatörlerden faydalanılmaktadır. Stabilizatörlerin kullanımıyla ürünün bu özellikleri optimize edilebilmektedir.

Ürünün erimeye karşı direnci, raf ömrü ve kıvam özellikleri reolojik özellikler ile çok yakından ilgilidir. Bu yüzden istenilen kıvam özelliğine sahip, erimeye karşı daha dirençli, ağızda homojen bir şekilde eriyebilen ve raf ömrü uzun ürünlerin üretilebilmesi için ürünün reolojik özelliklerinin optimum derecede sağlanması gereklidir. Özellikle kıvam katsayısı, ve görünür viskozite değerleri, ürünün kristal büyüklüğü, kıvamı ve erimeye karşı direnci hakkında önemli fikir vermektedir.

Bu çalışmanın amacı, farklı stabilizatörler ve bunların karışımlarının kullanılmasıyla bitkisel yağlı sütlü buzun reolojik özelliklerini, optimize etmek ve böylece istenilen kıvam özelliklerine sahip, erimeye karşı dirençli, ağızda daha homojen eriyebilen ve raf ömrü uzun yenilebilir sütlü buz üretilme olanaklarını araştırmaktır.

2. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

Uzun yıllardır ticari üretimi gerçekleştirilen dondurma ve benzeri ürünler teknolojisinde özellikle son yıllarda önemli gelişmeler gözlenmiştir. En eski dondurma çeşidi olan Water ice olarak adlandırılan buzlu ürünler üretiminde süt yağı, bitkisel yağı, süt tozu, stabilizatörler ve aroma maddeleri gibi maddelerin kullanılmasıyla geliştirilmiş ve bugünkü yerini almıştır. Dondurma ve benzeri gıdaların sınıflandırılmasında ürünün yapısında kullanılan maddeler önem taşımaktadır [1]. Bu ürünler birçok ülkenin yasal düzenlemelerine göre değişmekle birlikte içeriğinde kullanılan maddelere göre beş gruba ayrılırlar:

- Yalnızca süt mamullerinden yapılan ürünler,
- Süt yağı yerine bitkisel yağ kullanılarak üretilen ürünler,
- Süt yağı ve yağsız süt kuru maddesi eklenmiş meyve sularından yapılmış meyveli dondurmalar (sherbet),
- Su, şeker, meyve konsantresi, stabilizatör, aroma ve renklendirici maddeleri içeren ürünler (Water ice),
- Meyve suyu esaslı ve belirli oranda hacmi artırılmış ürünler (Sorbet) [2].

Yenilebilir sütlü buz ürünü, dondurma ve benzeri gıdalar grubuna girmekte olup, dondurmaya benzer bir özellik göstermektedir. Yenilebilir sütlü buz, başlıca yağ, süt yağsız kuru maddesi, şeker, stabilizatör, emülgatör ve bazı durumlarda da aroma maddelerinin ilave edilmesiyle meydana gelen bir süt ürünüdür. Yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buz ise

diğer sütlü buzdan farklı olarak süt yağı yerine bitkisel yağ içeren ürün olarak tanımlanmaktadır [3].

Türk gıda kodeksi yönetmeliğine göre bu ürünlerden yenilebilir meyveli buzun %15 oranında meyve içermesi, sorbenin ise en az %25 oranında meyve içermesi gerekmektedir. Yenilebilir sütlü buzun ağırlıkça en az %2,5 süt yağı ve en az %6 yağsız süt kuru maddesi içermesi, süt orijinli olmayan protein ve yağ içermemesi gerekir. Bitkisel yağlı sütlü buz için de sütlü buz ürünleri genel tanımına uyma koşulunun yanı sıra bitkisel yağ veya süt yağı veya yumurta yağını en az %5 oranında içermesi ve süt proteini en az %2,2 olması, süt proteini dışında protein içermemesi gerekir [4].

Dondurma, T.S 4265 standartlarına göre, süt ve süt ürünleri, içme suyu, şeker, katkı maddeleri, istenildiğinde salep yumurta ve/veya çeşni maddeleri ilavesi ve pastorizasyonu sonucunda tekniğine uygun olarak üretilen külah ve diğer uygun ambalajlara konan ve gerektiğinde üzerine çeşni maddeleri ilave edilebilen mamul olarak tanımlanmaktadır [5]. Dondurmanın yapısında kullanılan süt yağı bu ürünün en önemli özelliğini oluşturmaktadır. Bitkisel yağlı sütlü buz ve dondurma arasındaki en belirgin fark ise, yapılarındaki yağ çeşididir. Dondurma ve sütlü buzun ise içerik olarak birbirine çok benzemesine rağmen yapılarındaki süt yağı miktarı farklıdır. Dondurmanın önemli bir kalite kriteri olarak değerlendirilen süt yağ miktarı bazı ülkelerde %15 gibi yüksek değere kadar çıkmaktadır [3]. Yenilebilir sütlü buzlarda bu değer genel olarak %4 civarındadır [1]. Dondurma ve benzeri gıdaların tipik bileşimi Tablo 2,1 de yer almaktadır [2].

Dondurma ve benzeri ürünler gurubunda yer alan meyve şerbetleri; meyve suyu, tatlandırıcı, stabilizatör, ve %2-5 süt kuru maddesi kullanılarak yapılan ürünlerdir. Bu ürünün minimum asit değeri %0,35 kadardır. Bu değer sitrik asit ile ayarlanmakta fakat laktik asit cinsinden hesaplanmaktadır. Dondurulmuş yoğurt ise dondurmaya benzemesine karşılık, daha düşük süt yağı içeren bir üründür. Bu ürünün üretimi sırasında *Lactobacillus bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* bakterileri kullanılmaktadır. Bu ürünün minimum asit değeri laktik asit cinsinden 0,3% kadardır [3]. Bu gruba giren ürünler buz formda olmalarından ve süt bileşenleri içermelerinden dolayı dondurmayla benzer özellilik

göstermektedirler. Özellikle yenilebilir sütlü buz ürünü dondurmaya içerik açısından çok yakın olmasından dolayı, bu ürün dondurmanın kalite özelliklerini önemli derecede yansıtmaktadır.

Tablo 2.1. Dondurma ve benzeri ürünlerin tipik bileşimi

Ürün Çeşitleri	Yağ(%)	YSKMV(%)	Şeker(%)	E+S	Su(%)	Overrun(%)
Desert ice	15	10	15	0,3	59,7	110
Dondurma	10	11	14	0,4	64,6	100
Sütlü Buz	4	12	13	0,6	70,4	85
Sherbet	2	4	22	0,4	71,6	50
Water ice	0	0	22	0,2	77,8	0
Sorbe	0	0	22	0,5	77,5	30-50

Yağsız süt kuru maddesi : Protein, laktoz ve tuzlar
E+S : Emülgatör ve stabilizatörler

Yenilebilir sütlü buzun yapısında, yağsız süt kuru maddesi, süt yağı, emilgatörler, stabilizatörler, gerektiğinde aroma ve çeşni maddeleri bulunmaktadır[3]. Bu ürünlerin içeriğinde bulunan süt yağı, yağsız süt kuru maddesi, şeker, hava kabarcıkları, emülgatörler ve stabilizatörler ürünlerin reolojik ve tekstürel özelliklerini önemli derecede etkilemektedir [6].

Yenilebilir sütlü buzların yapısında bulunan yağ miktarı ve çeşidi ürünün karekteristiğini belirlemektedir. Dondurma ve yenilebilir sütlü buzun yapısında süt yağı kullanılırken bitkisel yağlı sütlü buzun yapısında ise soya, zeytinyağı ve ayçiçeği yağı gibi bitkisel yağlar kullanılmaktadır. Ayrıca bu ürünlerin yapısında bulunan bitkisel yağlar ve süt yağı ürünlerin reolojik ve besinsel özelliklerini önemli şekilde etkilemektedir.

Dondurma ve yenilebilir sütlü buzların yapılarında kullanılan süt yağı besleyici değeri oldukça yüksek olan bir bileşendir [2]. Ayrıca süt yağı ürünlerin tekstürel özelliklerini de

önemli şekilde etkilemektedir. Süt yağı ürünün yapısında bulunan aroma maddeleri, hava, stabilizatörler ve diğer zenginleştirici maddelerle birlikte iyi bir sinerji oluşturur. Bu sinerji sayesinde üründe istenilen yapı ve daha düzgün bir tekstür elde edilebilir [7]. Ayrıca süt yağı ürüne verilen havanın daha homojen bir şekilde dağılmasını sağlar. Böylece süt yağı bu ürünlerin yenilmesi sırasında ürünü daha doygun hale getirmekte buna bağlı olarak ta ürünün duyusal kalitesini artırmaktadır. Ayrıca süt yağının kullanımıyla birlikte buz kristallerin daha yavaş erimesi sağlanır ve arzu edilen erime özelliklerine ulaşılır [2].

Dondurma ve benzeri ürünlerde yağ içeriği ürünün kalite indeksi olarak değerlendirilir. Dondurmanın yapısında bulunan yağ içeriğindeki %1 değişim bile tat ve tekstür kalitesini fark edilir bir şekilde değiştirmektedir. Ancak süt yağının, kalori değeri ve maliyetinin yüksek oluşu dolayı kullanımını sınırlamaktadır [3]. Bitkisel yağlı sütlü buzun yapısında bulunan bitkisel yağlar ise yapılarında içerdikleri doymamış yağ asitleri sayesinde insan sağlığı açısından olumlu etkilere sahiptir. Özellikle omega-9 yağ asidi içeren zeytinyağı ve çoklu doymamış yağ asitleri içeren soya gibi bitkisel yağların kullanılması ürüne fonksiyonel özellik kazandırmaktadır. Diğer taraftan yapılan bir araştırmada dondurma ve bitkisel yağlı sütlü buz ürünlerinde süt yağı ile birlikte diğer bitkisel yağların kullanımının ürünlerin erime süresi ve yağ stabilitesinin bozulması üzerine etkisi incelenmiş ve Hindistan cevizi yağının en yüksek erime süresine sahip olduğu gözlemlenmiştir [8]. Bu araştırmada bitkisel yağ kullanımının beklenin aksine buzlu ürünlerin kıvam ve erime süresi gibi özelliklerinin optimizasyonu açısından bir takım avantajlar sağladığı ortaya konulmuştur.

Dondurma ve benzeri ürünlerin yapısındaki yağ dışındaki maddeler de ürünün tekstürel ve reolojik özelliklerini etkilemektedir. Süt yağı dışındaki maddeler kazein, serum proteinleri, enzim, asit, laktoz, mineraller ve vitaminlerdir. Proteinler, su tutma ve emülsifikasyon kapasitesinin yüksekliği nedeniyle sütlü buz ürünlerinde istenilen yapının oluşmasında önemli katkı sağlarlar [9]. Proteinlerin yüksek su tutma kapasitelerinden dolayı ürünün viskozitesi artar [10], istenilen yapı oluşur ve ürünün erimeye karşı direnci artar [11].

Yenilebilir sütlü buzların yapısında ürünün -5 ^{o}C' ye kadar olan ilk dondurma aşaması sırasında verilen hava kabarcıkları ürünlerin tekstür ve erime süresi gibi fiziksel özelliklerini etkilemektedir. Fakat hava kabarcıklarının büyüklüğünün yanında ürün içerisindeki homojen dağılımı da bu kalite özellikleri açısından oldukça önemlidir. Bundan dolayı bu ürünlerin üretiminde kaliteli bir ürün eldesi için overrun (hacim artışı) sırasında hava dağılımın homojen olmasına dikkat etmek gerekmektedir [12].

Yenilebilir sütlü buzların yapısındaki hava kabarcıklarının gelişimine etki eden birçok faktör bulunmaktadır. Bu ürünlerin yapısındaki hava miktarı yani overrun oranı ürünün reolojik özelliklerini ve erime süresini etkilemektedir. Bazı araştırmacılar overrun oranı artıkça, buz kristal büyüklüğünün azalacağını ve erimeye karşı olan direncin artacağını savunmuşlardır [11, 13]. Hava kabarcıklarının ürün içerisindeki stabilitesinin yüksek olması bazı araştırmacılara göre ürünün erime özelliklerini olumlu etkilemektedir. Bu sayede ürünün erimeye olan direnci artmaktadır [11, 13, 14].

Rosalina ve ark., (2003) yaptıkları bir araştırmada overrun oranının dondurmanın fiziksel ve reolojik özelliklerine etkisini incelemişlerdir. Bu araştırmada dondurma üretiminde %80, %100, %120 overrun değerlerinin ürünün fiziksel ve reolojik özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Overrun oranı artıkça dondurmanın sertliğinde azalma gözlenmiş, buz kristallerinde düşme meydana gelmiş ve ürünün erimeye karşı direnci artmıştır. Dondurmanın en iyi tekstürel özellikleri ise % 120 overrun değerinde gözlenmiştir[15].

Bu ürünlerin reolojik özelliklerini önemli derecede etkileyen diğer bir bileşen stabilizatörlerdir. Stabilizatörler bu tip ürünlerin yapısında bulunan buz kristallerinin boyutunu düşürmekte ve buz kristallerinin homojen bir şekilde ağızda dağılmasını sağlamaktadır [16]. Dondurma ve yenilebilir sütlü buz gibi ürünlerin yapılarında bulunan buz kristalleri, yağ globülleri, hava kabarcıkları ile donmamış kısımdaki süt proteinleri, şeker ve diğer maddelerin istenilen fiziksel kalitede ürün elde edebilmek ve ürünün fiziksel stabilitesini sağlamak için çok iyi bir şekilde karıştırılması gerekmektedir. Ayrıca buz kristalleri ile yağ globüllerinin de mümkün olduğu kadar küçük çapa sahip olması arzu edilir. Dondurulmuş gıdanın düşük sıcaklıklarda muhafaza edilmesi sırasında kalitesi

korunmalıdır. Bundan dolayı üstün kalitede yenilebilir sütlü buzların ve dondurmanın üretilebilmesi için yapılarında mutlaka stabilizatör içermeleri gerekmektedir. Bu maddeler, çok az miktarlarda karışıma katılmakla birlikte, dondurmanın istenen fiziksel kalitesinin ve yapısının sağlanmasında ve muhafazasında etkin rol oynarlar [17].

Yenilebilir sütlü buz ve dondurma üretiminde stabilizatör kullanımının temel amaçlarını şu şekilde sıralanabilir:

- Karışımın vizkozitesini artırmak,
- Karışımın stabilitesini sağlayarak serum ayrılmasını engellemek,
- Tatlandırıcı maddelerin süpansiyonuna katkı sağlamak,
- Özellikle sıcaklık dalgalanmalarında, depolama sırasında üründe meydana gelen buz ve laktoz kristallerinin büyümesi azaltmak,
- Üründen havaya veya ambalaj materyallerine nem geçişini yavaşlatmak,
- Depolama sırasında ürün yapısında meydana gelen büzüşmenin engellenmesine yardımcı olmak,
- Ürünün tüketimi sırasında daha iyi bir tekstür sağlamak

Bu fonksiyonların çoğu donmamış fazdaki vizkozite artışının gerçekleşmesiyle sağlanır. Ayrıca stabilizatörler temiz nötral bir tatta, ürünün aroma maddelerini bağlamayacak özellikte, ürünün istenilen erime özelliklerine katkı sağlayabilecek düzeyde ve tüketim sırasında arzu edilen tekstürü sağlayabilecek kalitede olmalıdır [3]. Bunun sağlanabilmesinde de genellikle stabilizer maddelerin karışımının kullanımı önerilmektedir.

Dondurma ve benzeri gıdaların yapısında farklı çeşit ve oranlarda stabilizatörler kullanılmaktadır [18]. Dondurma benzeri gıdaların yapısında en çok kullanılan stabilizatörler guar gam, locust bean gum(LBG), karboksimetil selüloz(CMC), karragenan, sodyum aljinat, ksantan gum ve jelâtindir. Pektin ise kullanımı yaygın olmamakla birlikte özellikle sorbe ve water ice ürünlerinin yapısında diğer stabilizatörlerle karışım halinde kullanılır. Hidrokolloid olarak da bilinen bu maddeler yüksek molekül ağırlığına sahip makro moleküllerdir. Stabilizatörler suyla etkileşimleri sayesinde yeterli

konsantrasyonlarda suyla şişerek hacim ve vizkozite artışına neden olurlar. Bu maddelerin suyla etkileşmesi karışımın reolojik özelliklerini düzenler. Böylece buz kristallerininin ağızda daha homojen bir şekilde dağılımını sağlarlar. Jelâtin haricindeki diğer maddeler şeker birimlerinden oluşan polisakkaitlerdir. Dondurulmuş ürünlerde kullanılan stabilizatörler şu şekilde sınıflandırılabilir [3]:

Protein yapısında olanlar	:Jelâtin
Bitki Özüleri	: Gam arabik, tara gam ve karaya gam
Tohum Gamları	: LBG, guar gum, nişasta ve modifiye nişastalar
Mikrobiyal gamlar	: Ksantan gam
Deniz Yosunu ekstrakları	: Agar, sodyum aljinat ve karragenan
Pektin	: Düşük ve yüksek metoksi gurubuna sahip pektinler
Selulozlar	: Sodyum karboksimetil selüloz, mikrokristalin selüloz.

Aljinat kahverengi alglerden ve su yosunlarından ekstrakte edilir. Aljinatlar şeker asitlerinden oluşan polisakkaritlerdir. Herhangi bir iyonla nötralize olabilen yüklü polimerlerdir. Bu maddelerin çözünebilir formları su içerisinde iyonize olur ve kalsiyum iyonuyla reaksiyonu sonucunda kalsiyum aljinatın çözünmeyen jelini oluştur. Yenilebilir sütlü buzların ve dondurmanın yapısında en çok kullanılan ise sodyum aljinattır. Fakat propilen glikol aljinat kısmende olsa dondurmalarda kullanılmaktadır. Özellikle süt kullanılan ürünlerde kalsiyum iyonuyla jelleşmeyi engellemek için sodyum aljinat disodyum fosfat gibi kalsiyum şelatlanmasını sağlayan maddeler ile karışım halinde kullanılır. Sodyum aljinat soğuk ve sıcak suda çözünebilmesine rağmen yüksek sıcaklıklara uzun süre maruz bırakıldığında yapısında bozulma meydana gelmektedir. Ayrıca aljinatlar pH değişimlerinden etkilenmektedir. Özellikle bu etki pH değerlerinin 4-10 sınırını aştığında daha belirgin hale gelmektedir. Sodyum aljinat yüksek su tutma kapasitesine rağmen dondurma ve yenilebilir sütlü buz gibi ürünlerin yapısında çok sık kullanılan bir stabilizatör değildir [3].

Selüloz gum olarak ta bilinen karboksimetil selüloz, bitki materyallerinden türetilir. Selülozlar glikoz birimlerinden meydana gelen ve insan hücreleri tarafından sindirilemeyen polimerlerdir. Bu maddenin suda çözünmesini sağlamak ve bir gıda maddesi olarak kullanımı kolaylaştırmak için karboksimetil gurupları gibi yan gurupların yapıya ilave edilmesiyle türevlendirilirler. CMC yüklü bir madde olduğu için genellikle sodyum gibi bir iyonla nötralize edilirler. Gıda maddesi olarak kullanılmasında CMC'nin seçilmesindeki önemli paremetreler ise karboksimetil gruplarının subtitusyon derecesi, subtitusyon homojenliği ve polimerizasyon derecesidir. CMC karışım içerisinde rahatlıkla çözünebilmesi ve yüksek su tutma kapasitesine sahip olduğundan dolayı dondurma ve sütlü buzların yapısında kullanılan çok önemli bir stabilizatör olarak düşünülmektedir [3].

Karregenan, *Gigartina, Furcellaria, Eucheuma* türlerini içeren kırmızı deniz alglerinin eksrtakte edilmesiyle üretilen bir stabilizatördür. Karregenan galaktoz ve %20 veya daha fazla sülfat ester guruplarından oluşan polimerdir. Moleküldeki sülfat miktarına göre en az üç çeşit doğal formu vardır. Lambda karragenan yaklaşık olarak %35 oranında sülfat ester gurubu içeren ve soğuk suda çözünebilen karregenan formudur. İota karregenan ise yaklaşık % 32 oranında sülfat esterle guruplarını içermekte ve suda çok az çözünebilmektedir. Kappa karegenan ise % 25 sülfat esterleri içeren ısısal olarak geri dönüşebilen ve güçlü jel oluşturma kapasitesine sahip karregenan formudur. Karregenan negatif yüke sahip olduğu için potasyum, sodyum ve kalsiyum gibi iyonlarla nötralize olabilmektedir [19].

Kappa karregenan dondurma gibi ürünlerde temel bir stabilizatör olarak kullanılmamasına rağmen diğer stabilizatörlerle karışım halinde kullanılarak serum ayrılması gibi kusurların engellenmesinde ve istenilen kıvamın elde edilmesinde başarıyla kullanılmaktadır. Karragenanın bu karışımlarda toplam ürün formülasyonundaki oranı %0,010-0,015 kadardır. Yüksek konsantrasyonlarda karregenan, jel oluşumuna neden olduğu için uygulamada başarısızlıklara neden olmaktadır. Karragenanın tipik uygulamalarında sıcak karışımlarda düşük vizkozite sağlarken sıcaklığın 40°C gibi değerlere düştüğünde ise karregenan yapısal olarak değişime uğramaktadır. Karregenan bu sıcaklık değerinde heliks yapısına dönüşmektedir. Bu heliks yapısı karreganın yüksek viskozite ve zayıf bir jel

oluşturmasına neden olmaktadır. Oluşan bu jel ise zayıf bir kuvvetin etkiyle kırılabilen bir yapıya sahiptir [3]. Ayrıca bu jel formu düşük pH ve yüksek sıcaklık değerlerinde zarar görmektedir. Buna ilave olarak oluşan bu jel formun kuvveti karregananın nötralize olmasına neden olan iyonların çeşidine bağlı olmaktadır. Kalsiyum ve potasyum gibi iyonlar güçlü jel oluşumuna neden olurken sodyum ve lityum gibi iyonlar daha zayıf bir jelin oluşmasına neden olur. Lambda karragenanın içerdiği yüksek miktardaki sülfat ester guruplarından dolayı jel oluşturma özelliği yoktur. Ancak sütteki kazeinle sülfat gurupları arındaki etkileşimden dolayı karegenanın bu formu sütle birlikte kullanımında jel oluşumu gözlenmektedir [20].

Jelâtin, hayvansal orjinli olan kollajen proteininden elde edilir. Jelâtinin yenilebilir sütlü buzların özellikle de dondurma üretiminde oldukça fazla kullanılmasına rağmen yerini polisakkarit yapısındaki diğer stabilizatörlere bırakmaktadır. Bunun en önemli nedeni ise, bu stabilizatörün maliyetinin yüksek olması ve kolaylıkla elde edilememesidir. Bu olumsuz özelliklerine rağmen jelâtin halen dondurma gibi ürünlerde başarıyla kullanılan çok önemli bir stabilizatördür. Jelâtin ürünün ağızda kademeli bir şekilde erimesini sağlayan ve olumsuz bir tekstür oluşturmayan zayıf bir jel oluşturmaktadır [3].

Guar gum, *Cyamoposis tetragonolba* bitkisinin öğütülmesiyle oluşan ve tohumun endosperminden elde edilmektedir. Guar gam, LBG de olduğu gibi mannoz birimlerinin galaktoz birimlerine bağlanmasından oluşan bir polisakkarittir. Mannoz birimleri birbirlerine α-1,4 bağlarıyla bağlanırken, galaktoz birimlerine ise α-1,6 bağlarıyla bağlanırlar. Guar gumın yapısı LBG' ye benzemesine rağmen subsutisyon derecesinin yüksek olması özelliğiyle LBG' den farklılık göstermektedir. Subtutisyon derecesinin yüksek olması guar gama yüksek hidratlanabilme özelliği kazandırmaktadır. Bu yüzden guar gam soğuk suda bile çok iyi çözünebilmektedir [3]. Guar gumın %0,5 oranına kadar Newtonian özellik göstermesine karşın daha yüksek konsantrasyonlarda yüksek kıvamın oluşmasına neden olmaktadır [20]. Guar gamın soğuk suda çok iyi bir şekilde çözünmesi yüksek sıcaklık uygulamalarında çok önemli avantajlar sağlamaktadır. Bunu nedeni ise stabilizatörlerin düşük sıcaklıkta karışabilmesi ve kısa zamanda hidratlanabilme etkisini gösterebilmeleridir [3].

LBG, guar gam gibi bitki tohumlarının öğütülmesiyle oluşan ve tohum endosperminden elde edilmektedir. LBG guar gamda olduğu gibi galaktoz ve mannoz birimlerinden oluşmaktadır. Fakat guar gamın subtitusyon derecesi LBG subtitisyon derecesinden daha yüksektir. LBG düşük konsantrasyonlarda bile yüksek vizkozite oluşturabilmektedir. Ayrıca LBG uygun şartlarda jel oluşturabilmektedir [3]. LBG diğer stabilizatörlerle birlikte sinerjik özelik göstermekte ve %0,2 gibi çok düşük konsantrayonlarda bile yüksek kıvamın hatta zayıf bir jelin oluşmasına neden olmaktadır. Buna en iyi örnek ise ksantan gam ile olan uygulamasıdır. Bu stabilizatörlerin %0,2 oranındaki karışımı, buzlu ürünlerde jel oluşumuna neden olmaktadır. Bu özellik LBG'ın karışımdaki miktarı 4 katına çıktığında daha belirgin olmaktadır [20]. LBG'ın düşük subtitusyon derecesine sahip olması su içerisindeki çözünürlüğünü kısıtlamaktadır. Bu gam soğuk suda kısmen çözünebilmektedir. LBG'ın suda tamamen çözünebilmesi için yüksek sıcaklık değerlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu özellik LBG'ın birçok gıda uygulamasında kullanımını kısıtlamasına rağmen LBG yüksek kıvam oluşturabilme özelliğinden dolayı dondurma ve diğer buzlu ürünlerin yapısında kullanılan önemli bir stabilizatördür [3].

Ksantan gam, *Xanthomonas campestris* tarafından üretilen bir eksopolisakkarittir. Bu gam besiyerinden isopropil alkol tarafından çöktürülme yoluyla elde edilir[3]. Ksantan gam temel olarak selülozda olduğu gibi glikoz birimlerinin α-1,4 şeklinde bağlanmasıyla oluşur. Ayrıca bu temel zincire bağlı olarak iki mannoz ve birde glukonik asitten oluşan yan zincire bağlı trisakkarit içermektedir [20]. Ksantan gamın sahip olduğu bu yapı moleküle önemli fonksiyonlar kazandırmaktadır. Ksantan gum bu yapı sayesinde suda çok iyi bir şekilde çözünebilmekte, geniş bir pH ve sıcaklık aralığından homojen vizkozite sağlamakta ve yüksek derecede psedöplastik özellik göstermektedir. Ksantan gam, düşük konsantrasyonlarda yüksek vizkozite değerlerine sahiptir. Ayrıca molekülündeki yan zincirler ksantan gamı enzim, pH, sıcaklık, mekanik etkiler, dondurma ve çözündürme gibi işlemlere karşı dayanıklı hale getirmektedir [3].

Bu hidrokolloidlerin fonksiyonel özelikleri kimyasal yapılarının değiştirilmesiyle modifiye edilebilir. Bu maddelerin her birinin özellikle depolama sırasında ürünün yapı, tekstür ve

erime özelliklerine olan etkileri farklıdır. Bu maddelerin bu özelliklerinden dolayı karışım halinde kullanılarak sinerjik özelliklerinden faydalanmak mümkündür [21].

Yenilebilir sütlü buzların yapısında kullanılacak stabilizatörlerin seçimine dikkat etmek gerekir. Stabilizatörlerin miktarının ve çeşidinin doğru bir şekilde saptanması kaliteli bir ürün ve düşük maliyet açısından önemlidir. Bu yüzden bu maddelerin kullanılmasında dikkat edilmesi gereken önemli durumlar vardır. Stabilizatörler gereğinden daha az miktarda katılırsa dondurmada tüketim sırasında kolay erime, taneli yapı, kolay ufalanan gevrek bir yapı oluşumu gibi olumsuz durumlara neden olur. Ayrıca hava kabarcıkları homojen olarak dağılmaz ve üretimde yayıklanma riskinin artmasına neden olmaktadır. Eğer stabilizatörler gereğinden fazla miktarda katılırsa dondurmanın dilde erime süresi yüksek olur ve istenmeyen viskoelastik bir yapı oluşur [2].

Ayrıca kullanılan stabilizatör maddelerin kullanılmasında miktarları dışında dikkat edilmesi gereken bazı özel durumlar vardır. Örneğin jelâtin, kuru halde yaklaşık dört katı şeker ile karıştırıldıktan sonra, ısısal işlemden önce soğuk karışıma katılmaktadır. Jelâtinin etkisini en üst düzeyde gösterebilmesi için, pastörize edilip soğutulan karışımlar 20–24 saat kadar dinlendirilir. Jelâtin kesinlikle önerilen orandan fazla kullanılmamalıdır. Aksi halde ürün muhallebiye benzer bir duruma dönüşmekte ve lezzeti olumsuz etkilenmektedir.

Sodyum karboksimetil selüloz (CMC) gibi selüloz türevleri soğuk karışımlarda iyi çözünmekle beraber, serum ayrılması gibi kusurlara yol açabilir. Ama bu kusur, sözü edilen ürüne bir miktar karregenan katılmasıyla önlenebilir.

LBG ve guar gam tek başına kullanıldıklarında istenen sonucu vermezler. Bu sebeple diğer stabilizatörler ile karıştırılarak kullanılmalıdır. Salep stabilizatör olarak özellikle dondurmalarda çok sık kullanılmaktadır. Salep dondurma miksine şekerin bir bölümüyle karıştırılarak %0,5-%1,0 oranında katılmaktadır [2].

Stabilizatörlerin yenilebilir sütlü buzların özellikle de dondurmanın reolojik özelliklerine, buz kristal büyüklüğü ve erime süresi üzerine etkisini incelemek amacıyla yapılan birçok araştırma bulunmaktadır.

Hidrokolloidler yaygın olarak dondurma gibi buzlu ürünlerde, düzgün bir tekstür, homojen yapıda bir ürün ve erimeye karşı yüksek bir direnç sağlamak için kullanılır. Ancak bu maddelerin kullanılmasındaki asıl amaç depolama sırasında meydana gelen sıcaklık dalgalanmalarına karşı üründe buz kristal gelişimini azaltmaktır [22]. Stabilizatörlerin başlangıç buz kristal büyüklüğü açısından herhangi bir etkisi yoktur [23]. Ancak rekristalizasyon sırasında kristal büyüklüğünün belirli bir oranda tutulmasında olumlu etkiler gözlenmiştir [23-30].

Birçok araştırmacı stabilizatörlerin düşük konsantrasyonlarını içeren model sistemlerde dondurma üzerine yaptıkları araştırmalarda stabilizatörlerin dondurmanın erime entalpisi [31], cam geçiş sıcaklığı [32,33] dondurabilen su miktarı [34] gibi faz-durum geçiş özelliklerini önemli derecede etkilemediğini gözlemlemişlerdir.

Stabilizatörlerin dondurmanın viskozitesinin artırılması ve kontrollü bir kristal büyümesine olan etkileri ile ilgili birçok araştırma yapılmıştır. Bu araştırmalarda artan konsantrasyonla birlikte kontrollü bir kristal büyümesi ve yüksek viskozite değerleri gözlenmiştir [35, 36]. Fakat bu araştırmalarda aynı konsantrasyonlara sahip farklı stabilizatörlerin aynı etkiyi göstermedikleri saptanmıştır [33]. Bolliger ve ark. yaptıkları çalışmada viskozite ve kristal gelişimi arasında doğrusal bir ilişkinin olduğunu bulmuşlardır. Bu araştırmacılar stabilizatörlerin kristalizasyon ile ilgili bu fonksiyonlarının dondurma içerisindeki donmamış fazdaki konsantrasyonlardan kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir. Ayrıca bu özelliğin kristal gelişimiyle ilgili olan sıcaklık dalgalanmaları sırasında, kristal gelişimini artıran suyun yüzeye doğru geçişi veya çözünen maddelerin yüzeyden ayrılmasın etkisi sonucunda oluştuğu bildirilmiştir [37].

Dondurma model sistemi üzerine yapılan bir araştırmada, LBG konsantrasyonu artıkça rekristalizasyon değeri azalmış, belirli bir değerden sonra ise sabit kalmıştır. Guar gam ilavesinde ise aynı şekilde kristalizasyon değeri konsantrasyonun artmasıyla birlikte azalmış, belirli bir değerden sonra ise artmaya başlamıştır. Bu sisteme jelleşmeyen metoksi pektin ilavesinde ise guar gamla benzer bir sonuç elde edilmiştir. Fakat her iki

stabilizatörün kullanımı sonucu, rekristalizasyonun azaltılması açısından LBG kadar etkili bir sonuç elde edilememiştir.

Bazı araştırmacılar, üründeki faz ayırımı sonucunda gözlenen rekristalizasyonun sebebini, stabilizatörlerin tamamen çözünmemesi ve homojen olarak dağılmamasına bağlamışlardır [38].

Rekristalizasyon stabilizatörlerin jelleştirme özelliği ve su tutma kapasitesiyle de ilgili olan bir durumdur. Jel sıkılığı aynı zamanda kristal gelişiminin engellenmesi ve kristal şeklinin değişmesiyle ilgili olan bir durumdur. Kristalizasyon olgunlaştırma süresi ve gel elastikiyeti artıkça azalmaktadır. Bu özellik bazı araştırmacılara göre ürünün buz formuyla birlikte mekanik interfaz özelliğiyle açıklanmıştır [39].

Yapılan diğer bir araştırmada, jel sıkılığının kristal oluşumunun azaltılmasında önemli bir etkisinin olmadığını savunmuştur [32]. Bu araştırmacılar bu durumun jelin kırılganlığından ve daha kolay kopabilme özelliğinden kaynaklanabileceğini vurgulamışlardır. Ancak daha esnek bir jelleşme durumunda kristal gelişiminin engellenebilmesinin mümkün olabileceğini bildirmişlerdir.

Benzer diğer bir araştırmada, stabilizatörlerin jelleşme olmadan da ürünün kristal gelişimini azaltabileceğini savunmuşlardır [28].

Stabilizatörlerin mekanizmasının açıklanması üzerine yapılan bir araştırmada, şeker veya şeker protein çözeltisinin düşük sıcaklıklarda, LBG ve guar gamın kristal gelişiminin azaltılması üzerine etkileri incelenmiştir. Bu araştırmada, LBG'ın guar gama göre kıvamlı bir yapının oluşmasında daha etkili olduğu saptanmıştır. Buna bağlı olarak kristal gelişiminin daha etkili bir şekilde engellenebileceği önerilmiştir [26]. Yapılan diğer bir araştırmada ise LBG'ın sıcaklık dalgalanmaların olduğu bir model sistemde guar gama göre rekristalizasyonu daha etkili bir şekilde engellenebildiği bulunmuştur[40].

Dondurma ve benzeri gıdalarda kristal büyümesinin kontrolünün, stabilizatörlerin suyu bağlaması ve viskoziteyi artırmasıyla yakından ilgili olduğu başka diğer araştırmalarda da gözlenmiştir [35,36]. Budiaman ve Fenema yaptığı araştırmada %2' den daha az

konsantrasyonlarda CMC, karragenan, sodyum aljinat, guar gam ve LBG kullanılmış ve %3' den daha az oranda buz kristallerinin düşmesi sağlarken, jelatinin aynı oranda buz kristallerine bir etkisinin olmadığını gözlemişlerdir. Bu stabilizatörler arasında LBG ve guar gam en düşük etkiyi göstermişlerdir. Bu stabilizatörler buz kristal oluşumunu %0,8-1 oranında düşürmüşlerdir. Bu stabilizatörlerin konsantrasyonlarının artmasıyla birlikte buz forma dönüşebilecek su miktarında azalma gözlenmiştir. Yani stabilizatörlerin konsantrasyonların artmasıyla birlikte buz kristal oluşumunda azalma gerçekleşmektedir [41].

Fernandeza ve ark. yaptığı bir çalışmada %16 oranında şeker çözeltisi içerisine LBG, guar gam ve ksantan gam ilave ederek buz kristallerinin oluşumunu incelemişlerdir. LBG ve ksantan gam karışımlarında jelleşme gözlenmiş ve gum ilavesiyle birlikte buz kristallerinin büyüklüğünde önemli bir düşüş gözlenmiştir. LBG ve ksantan gam rekristalizasyonu önemli derecede azaltırken guar gamda bu azalma ksantan gam ve LBG' da olduğu ölçüde olmamıştır [42].

Gıdaların özellikle yarı katı ve sıvı gıdaların kalitelerinin belirlemesinde reolojik özellikler önemli bir rol oynamaktadır. Reolojik özellikler ürünün duyusal özelliklerinin belirlenmesi yanında ürünün fiziko kimyasal özellikleri hakkında da fikir vermektedir. Ayrıca ürünün reolojik özellikleri özellikle dondurma ve sütlü buz gibi kristal yapıda olan ürünlerin erimeye karşı olan dirençleri hakkında da fikir vermektedir [43].

Sıvıların akışkanlık ve deformasyonları ile ilgili bilime reoloji adı verilmektedir. Reoloji, maddenin uygulanan kuvvet karşısında akış davranışındaki değişikliği ortaya koyar ve bir maddeye uygulanan stres ile meydana gelen şekil değişikliği arasındaki ilişkiyi açıklamaya çalışır. Reolojik özellikler, kuvvet ve şekil değişikliğinin zamanın bir fonksiyonu olarak ölçülmesiyle belirlenir [44].

Reolojik veriler gıda endüstrisinde birçok açıdan önemlidir, bunlar başlıca:

- Isı değiştiricileri, boru hatları, pompalar, karıştırıcılar gibi çok geniş bir alanı kapsayan gıda ekipmanlarının mühendislik hesaplamalarında,

- Ara ürün ve son ürün kalite kontrolünde,
- Gıdanın yapısı ve duyusal özelliklerinin belirlenmesinde,
- Gıdanın raf ömrünün belirlenmesi için yapılan testlerde,
- Gıdanın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesinde,
- Ürün içeriğinde kullanılan maddelerin fonksiyonel özelliklerinin belirlenmesinde reolojik ölçümler önemlidir [45].

Sıvılar akışkanlık özelliklerine göre Newtonian ve Newtonian olmayan akışkanlar olmak üzere ikiye ayrılırlar. Newtonian akışkanlarda kesme hızı ve kesme stresi arasında doğrusal bir ilişki vardır. Newtonian sıvılarda viskozite kesme hızından bağımsızdır. Kesme hızı arttıkça doğrusal olarak kesme stresi de artış gösterir. Bunun dışındaki akış özelliği gösteren sıvılar Newtonian olmayan sıvılar olarak adlandırılır.

Çeşitli sıvı ve yarı sıvıgıdaların akış davranışlarının belirlenmesinde aşağıdaki eşitlik oldukça uygundur.

$$\sigma = K\gamma^n + \sigma^\circ \qquad (1)$$

Bu eşitlikte K kıvam katsayısı, n akış davranış indeksi ve σ° başlangıç stresini ifade etmektedir. Newtonian ve Bingham plastik akış özelliği gösteren sıvılarda K sırasıyla görünür viskoziteyi ve plastik viskoziteyi ifade eder [45].

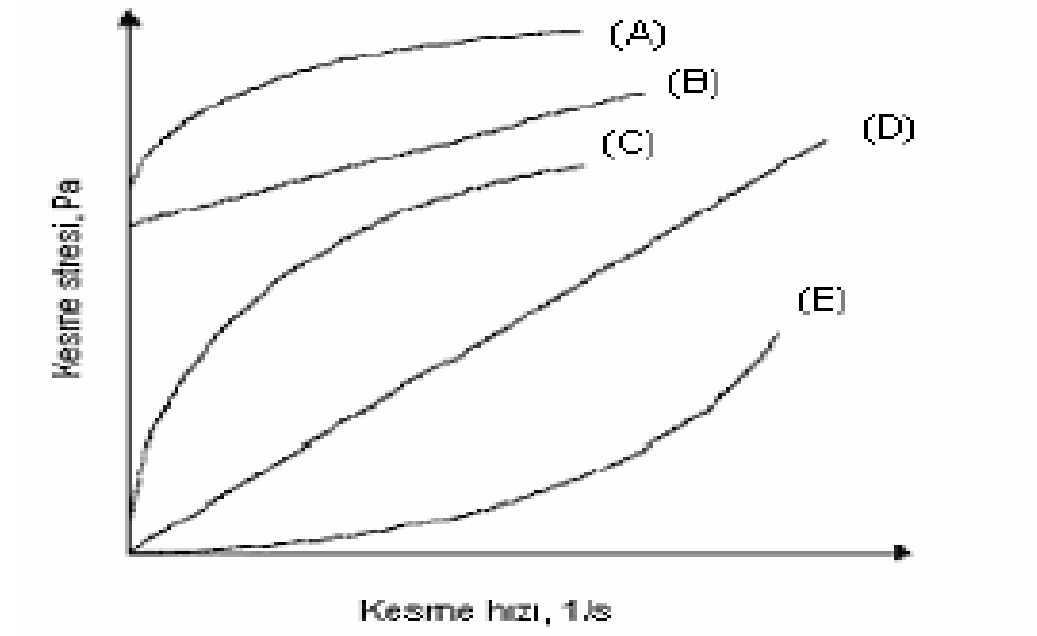
Newtonian olmayan sıvılar zamana bağımlı ve zamana bağımsız olmayan sıvılar olmak üzere iki kısma ayrılırlar. Zamandan bağımız akışkanlar, kesme hızına bağlı olarak kesme incelmesi ve kesme koyulaşması gösteren akışkanlar olarak iki kısma ayrılır [45]. Newtonian olmayan akışkanların büyük bir çoğunluğu kesme incelmesi gösteren akış özelliklerine sahiptir. Bu sıvılarda kesme hızı artıkça kesme stresinde azalma gözlenir. Yani kesme hızına bağlı olarak viskozite de azalma gözlenir [46]. Bu akışkanlar pseodö plastik akışkan olarak da isimlendirilir. Kesme koyulaşması gösteren akışkanlar ise Newtonian olamayan akışkanlar içerisinde çok az görülen akışkan tipidir. Bu akışkanlar, dilatant akışkanlar olarak da isimlendirilir. Kesme hızı artıkça vizkozitede de artış gerçekleşir. Bu akışkanların akış özelliği Tablo 2.2’ de gösterilmektedir [45]. Zamana bağlı akışkanlar ise

zamana bağlı olarak viskozitelerinde artma ve azalma gösteren akışkanlar olmak üzere ikiye ayrılırlar. Sabit kesme hızında viskozitelerinde azalma gösteren akışkanlar Thiksotropik akışkanlar, sabit kesme hızında viskozitelerinde artış gösteren akışkanlar ise Rheopektik akışkanlar olarak isimlendirilir. Her iki akış özelliğinde de sabit kesme hızında kesme stresinde görülen artış ve azalışlar geri dönüşümlüdür[46].

Tablo 2.2. Newtonian ve Newtonian olmayan akışkanların akış davranış özellikleri ve bu akış özelliğine sahip bazı gıda örnekleri [45].

Akışkan	K	N	σ°	Gıdalar
Hershel-Bulkley	>0	$0<n<\infty$	>0	Doğranmış balık ezmesi, kuru üzüm ezmesi
Newtonian	>0	1	0	Su, meyve suları, süt, bitkisel yağlar
Psedöplastik	>0	$0<n<1$	0	Elma sosları, muz püresi, portakal suyu konsantresi
Dilatant	>0	$1<n<\infty$	0	Bazı bal tipleri, Nişasta çözeltileri
Bingham plastik	>0	1	>0	Domates salçası

Bingam Plastik ve Hershel-Bulkey akışkanların en önemli özellikleri ise, akmalarına yeterli olabilecek sınırlı bir başlangıç stresi içermeleridir. Bu akış özelliğine sahip akışkanlar bu başlangıç stres değerinin altında katı bir davranış sergiler. Özellikle tereyağı, yoğurt gibi gıda maddelerinin üretildiği sistemlerin dizaynında ve bu ürünlerin kalitelerinin korunmasında bu özellik göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Newtonian ve Newtonian olmayan akışkanların kesme hızına bağlı olarak sergiledikleri akış davranış özellikleri Şekil 2.1' de gösterilmektedir [45].



Şekil 2.1. Çeşitli akışkanların kesme hızına bağlı olarak kesme streslerindeki değişim(A:Hersley-Bulkley, B: Bingham Plastik, C: Kesme incelmesi, D: Newtonian, E: Kesme koyulaşması).

Sıvı ve yarı sıvı maddelerin akışkanlık özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan çeşitli metotlar vardır. Bu metotlar üslü-yasa (Ostwal-de-Walle), Hershel-Bulkey, Cason ve Bingham modelleridir.

Üssü Yasa Modeli	$\sigma = K\gamma^n$	(1)
Hershel-Bulkey	$\sigma = K_H \gamma^n + \sigma_Y$	(2)
Casson	$\sigma^{0,5} = K_C \gamma^{0,5} + \sigma_Y^{0,5}$	(3)
Bignham Modeli	$\sigma = \eta_B \gamma + \sigma_Y$	(4)

Bu eşitliklerde σ kesme stresi(Pa), γ kesme hızını(s^{-1}), n akış davranış indeksi, K kıvam katsayısını($Pa.s^n$) ve σ_Y ise başlangıç stresi göstermektedir. Bu akış davranış modellerinden üslü yasa modeli gıdaların akış davranış özelliğinin belirlenmesinde en çok kullanılan modeldir[45].

Kayacıer ve Doğan farklı stabilizatörlerin salep örneklerinin reolojik özelliklerine etkisini inceledikleri bir araştırmada 25°C örneklerin görünür viskozite değerlerini ölçmüşler ve örneklerin reolojik tanımlanmasını üslü yasa modeli kullanarak yapmışlardır. Örneklerin görünür viskozite değerleri stabilizatör konsantrasyonuyla artmış ve örneklerin artan kesme hızına bağlı olarak viskozitelerinde azalış gözlemişlerdir [47]. Patmore ve ark. LBG ve guar gamın dondurma model sisteminde örneklerin reolojik özelliklerine etkisini inceledikleri bir araştırmada süt tozu içeren bir örneklerin kesme incelmesi akış davranışı sergilediği içermeyen örneklerin ise Newtonian akış davranış tipini sergilediğini gözlemlemişlerdir. LBG içeren bazı örneklerde sıcaklık dalgalanmalarına bağlı olarak zayıf bir jel oluştuğunu ve bu örneğinin reolojik özelliklerinin tanımlanmasının ise Hershel-Bulkey modeli kullanarak yaptıklarını bildirmişlerdir [40]. Kuş ve ark farklı salep oranlarının(%0,5-1,5) dondurmanın reolojik özelliklerine etkisini inceledikleri bir araştırmada azalan salep konsantrasyonlarına bağlı olarak görülen Thiksotropik yapının azaldığı ve belirli bir değerden sonra kırıldığını gözlemlemişlerdir. Bu değerden sonra örnekler kesme incelmesi bir akış tipini sergilediklerini bildirmişlerdir. Örneklerin reolojik özelliklerinin tanımlanmasında üslü yasa modelini kullanmışlardır[48].

3. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEMLER

3.1. Materyal

Bu çalışmada örneklerin oluşturulmasında kullanılan yağsız süt tozu, şeker, locust bean gam, ksantan gam sodyum aljinat, zeytinyağı, soya yağı ve ayçiçeği yağı Bayrak Gıda (San. Tic. Ltd Şti, Kayseri') dan temin edilmiştir. Ürün formülasyonunda kullanılan su ise Pınar Su (San.Tic.Aş, İzmir) içme suyundan temin edilmiştir.

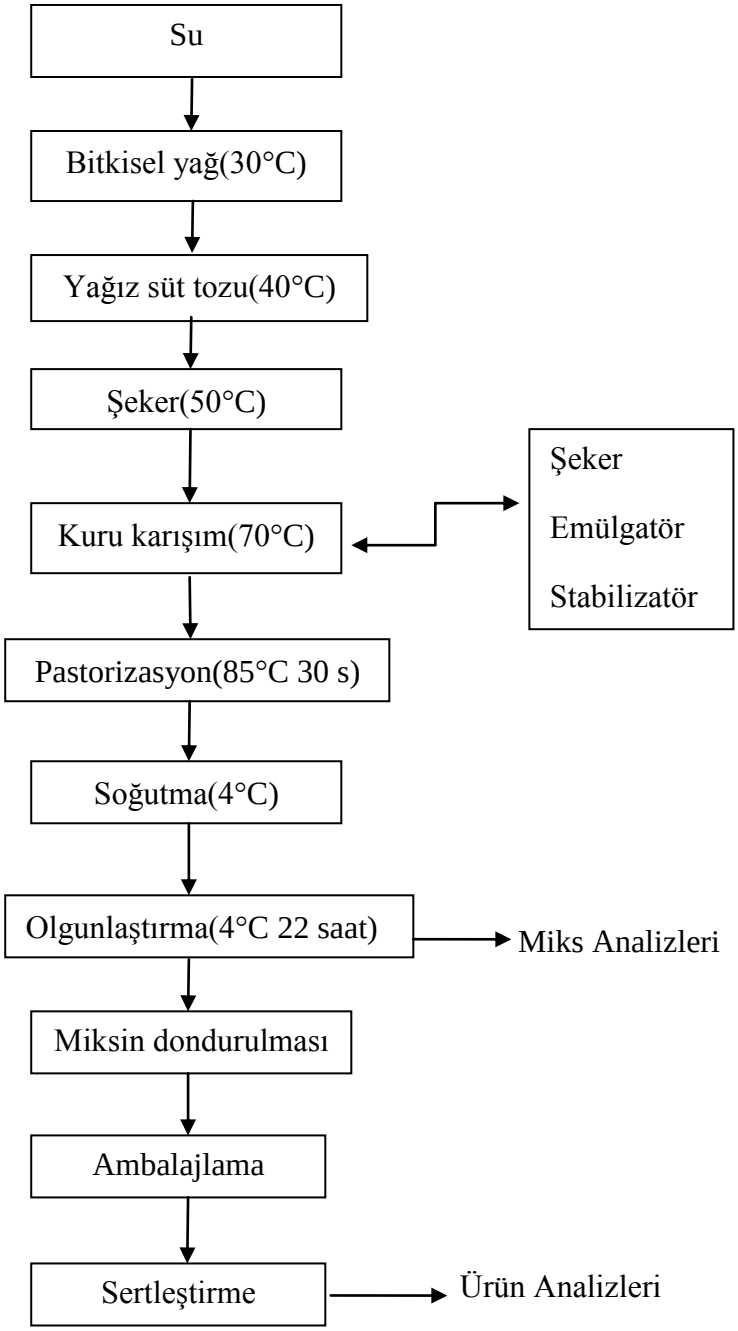
3.2. Yöntem

3.2.1. Yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buz örneklerinin hazırlanması

Araştırma model desen 3 tekerrürlü olacak şekilde örnekler 100 ml su üzerinden hazırlanmış ve fizikokimyasal ve reolojik özelliklerin belirlenmesi için analize alnmıştır. Ksantan gam, locus bean gam ve sodyum aljinat ve bu stabilizatörlerin kombinasyonunu içeren zeytinyağlı ve soya yağlı yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buz miksleri hazırlanmıştır.

Kontrol grubu olarak ayçiçeği yağı ve ksantan gam içeren yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buz miksleri hazırlanmıştır. Bitkisel yağlı sütlü buzların bileşimi son üründe %14 şeker, %11 yağsız süt tozu, %7 bitkisel yağ, %0,3 emülgatör ve %0,2 oranında stabilizatör içerecek şekilde hazırlanmıştır. Bitkisel yağlı süt buz üretiminde şekilde 3.2 deki yol izlenmiştir. Yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buz miksleri 22 saat olgunlaştırmadan sonra mikslerde reolojik ve fizikokimyasal analizler yapılmıştır. 22 saat olgunlaştırma işleminden sonra örnekler dondurma makinesinde -4°C de 14 dakika süreyle overrun işlemine tabi tutulmuşlardır. Örnekler overrun işleminden sonra yeterli hacim artışı sağlandıktan sonra örneklerin istenilen sertliğe ulaşması için

-18°C sıcaklıkta 24 saat bekletilmişlerdir. Bu çalışmada hazırlanan örnek gurupları Tablo 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.l. Yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buz üretim akım şeması.

Tablo 3.1. Hazırlanan örnek grupları

Örnek no	Örnek kodu	Stabilizatör çeşidi	Bitkisel yağ çeşidi
1	K	Ksantan	Ayçiçeği yağı
2	S1	Ksantan	Soya Yağı
3	S2	LBG	Soya Yağı
4	S3	Sodyum Aljinat	Soya Yağı
5	S4	LBG+Ksantan	Soya Yağı
6	S5	LBG+Sodyum Aljinat	Soya Yağı
7	S6	Ksantan + Sodyum Aljinat	Soya Yağı
8	Z1	Ksantan	Zeytin Yağı
9	Z2	LBG	Zeytin Yağı
10	Z3	Sodyum Aljinat	Zeytin Yağı
11	Z4	LBG+Ksantan	Zeytin Yağı
12	Z5	LBG+Sodyum Aljinat	Zeytin Yağı
13	Z6	Ksantan+Sodyum aljinat	Zeytin Yağı

3.2.2 Yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buz miksinde yapılan analizler

3.2.2.1 Fizikokimyasal Analizler

3.2.2.1.1 Titrasyon asitliği tayini

Yaklaşık 5 g örnek bir erlene tartılmış üzerine 100 ml saf su ilave edilmiştir. Saf su ilavesinden sonra bitkisel yağlı yenilebilir sütlü buz miksi manyetik karıştırıcıda homojen hale getirilmiş ve üzerine birkaç damla fenolftaleyn indikatörü damlatılmışır. Daha sonra ayarlı 0,1 N NaOH ilave edilerek 30 s kalıcı olabilen pempe renk elde edilinceye kadar titre edilmiştir. Asitlik sarfedilen alkalinin miktarı ve analize alınan örnek miktarının dikkate alınmasıyla aşağıdaki formülle % asitlik cinsinden hesaplanmıştır [49].

$$\% \text{ Asitlik} = \frac{\text{Harcanan N/10 NaOH(ml) x 0.009}}{\text{Örnek miktarı (g)}} \text{x100}$$

3.2.2.1.2 pH tayini

Örneklerin pH değerleri pH metre (Inolab Terminal Level 3, Almanya) kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla pH metre probu mikse doğrudan daldırılmış ve değerin sabitlenmesi için yaklaşık 30 s beklendikten sonra pH ölçümü gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.1.3 Renk tayini

Örneklerin renk değerleri otomatik renk tayin cihazı ile (Lovibond RT Series Reflactance Tintometer, İngiltere) ile belirlenmiştir. Cihaz, standart kalibrasyon skalası ile kalibre edildikten sonra örnekler cihaza ait küvete doldurulup kapağı kapatılarak okuma yapılmış ve örneklerin *L*, a** ve *b** değerleri tespit edilmiştir.

3.2.2.1.4 Reolojik analizler

Farklı stabilizatör ve farklı bitkisel yağ içeren bitkisel yağlı sütlü buz mikslerinin reolojik özelliklerinin belirlenmesinde kon-plaka konfigürasyonuna sahip su banyosu (Thermo-Haake K15, Almanya) bağlantılı sıcaklık kontrollü reometre (Thermo-Haake Rheostress1, Almanya) kullanılmıştır. 0,8 ml bitkisel yağlı sütlü buz miksi örneği mikropipet (Pipet-lite, SL-200, ABD) yardımıyla kon ile plaka arasına konmuş ve 20 °C sıcaklık değerinde 1-100 s^{-1} aralığında kesmeye tabi tutulmuştur. Her bir kesme hızı değerinde 10 s bekleme yapıldıktan sonra örneklerin görünür viskozite değerleri ile kesme stresi değerleri tespit edilmiştir. Belirlenen kesme hızı aralığında toplam 25 adet veri elde dilmiştir. Örneklere ait kıvam katsayısı ve akış davranış indeksi değerleri Üslü-Yasa modeli ile belirlenmiştir. Veri eldesinde RheoWin Data Pro 20 yazılımı ve elde edilen verilerin reolojik modeller vasıtasıyla analizinde ise RheoWin Data Manager yazılımları kullanılmıştır. Bütün reolojik ölçümler 3 tekerrür ve 7 paralel olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.3. Yenilebilir Bitkisel Yağlı Sütlü Buz Ürünü Üzerine Yapılan Analizler

3.2.3.1.Hacim artışı (overrun) tayini

Dondurma ve benzeri gıdalarda hacim artşı tayini belirli bir hacimdeki ürün kütlesi ile aynı hacimdeki miksin kütlesi ölçülüp bu iki değerin arasındaki farkın ürün kütlesine oranlanmasıyla yüzde olarak saptanmıştır.

Hacim artışı tayini amacıyla içerisine 4 °C ye soğutulmuş destile su, düz bir zemine yerleştirilen silindirik kap, soğutulmuş destile su ile üstten taşıncaya kadar doldurulmuştur. Taşma durduğunda silindirik kap altına boş bir beher yerleştirilmiş ve -24 °C'de depolanmış bitkisel yağlı sütlü buz numunesi 0.05 g duyarlılıkla tartılarak silindirik kap içine bırakılmıştır. Taşma işlemi sona erdiğinde alttaki behere toplanan taşan sıvı hacmi ölçülerek, aşağıdaki formül vasıtasıyla hacim artışı hesaplanmıştır [50].

$$\text{Hacim artışı indeksi} = \frac{\text{Taşan suyun hacmi}}{\text{Örnek ağırlığı}}$$

3.2.3.2 Erime oranı tayini

Üzerine bir huni yerleştirilmiş erlenmayer darası alındıktan sonra huninin üzerine belirli ağırlıkta dondurma örneği tartılıp oda sıcaklığında (20-25 °C) toplam 60 dakika süreyle erimeye bırakılmış ve 45 ile 60. dakika sonlarında varsa erimemiş örneklerde kısmı bir spatül yardımıyla alınarak tekrar tartım yapılmıştır. Süre sonlarında elde edilen ağırlıklar ile başlangıç ağırlığından yararlanılarak % erime oranları hesaplanmıştır [51].

3.2.3.3 Erime süresi tayini

Erime süresi analizine alınmadan önce yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buz örnekleri -18°C de depolanmıştır. Yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buz örnekleri (270g), 30°C sıcaklıktaki ortamda bir eleğin üzerine(1cm*1cm) yerleştirilmiştir. Elekten geçen örneğin ağırlığı zamanın bir fonksiyonu olarak kaydedilmiştir. 30g örneğin erimesi için geçen süre erime süresi belirlenmiştir [8].

3.2.3.4 Üründe yapılan duyusal analizler

Yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buz örneklerinin duyusal değerlendirmesi 5 kişilik bir panelist grup tarafından gerçekleştirilmiştir. Duyusal panel gıdaların duyusal analizinde tecrübe sahibi olan Erciyes Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğretim elemanları ve lisansüstü öğrencilerden oluşturulmuştur. Panelistler dondurma örneklerini TSE 4265 [52] de verilen duyusal özellikler kapsamında yapı ve kıvam, tat ve koku, renk ve görünüş bakımlarından değerlendirmişlerdir.

Örnek No:……..		
Özellik	**Nitelik**	**Puan**
RENK VE GÖRÜNÜŞ	**ÇOK İYİ**	5
	İYİ a) Net olmayan renk b) Görünümü biraz bozuk	4
	AZ KUSURLU a) Tabii olmayan renk	3
	KUSURLU a) Görünüm çok bozuk	2
YAPI VE KIVAM	**ÇOK İYİ**	5
	İYİ a) Sert ve sıkı	4
	AZ KUSURLU a) Delikli hava kabarcıklı b) Yapışkan c) Gevşek dağılan d) Çamurumsu, ıslak	3
	KUSURLU a) Kristalleşmiş	2
TAT VE KOKU	**ÇOK İYİ**	5
	İYİ a) Düşük asitlik b) Şeker azlığı c) Şeker fazlalığı	4
	AZ KUSURLU a) Acı, yanığımsı, maltımsı b) Bitkisel yağdan gelebilecek kötü tat c) Aroma eksikliği d) Aroma fazlalığı e) Pişmiş tat f) Yüksek asitlik	3
	KUSURLU a) Küf tadı b) Ekşimsi c) Mayamsı d) Acı ve sabunumsu	2
TOPLAM BEĞENİ	ÇOK BEĞENDİM	5
	BEĞENDİM	4
	BEĞENMEDİM	3
	HİÇ BEĞENMEDİM	2

Şekil 3.2. Duyusal analiz değerlendirme formu[52]

3.2.4 İstatistiksel Analizler

Yapılan analizler neticesinde elde edilen verilerin istatistiki olarak değerlendirilmesinde SAS 8.0 [53] istatistik paket programı kullanılmıştır. Farklı stabilizatör ve farklı bitkisel yağ içeren örnekler arasındaki istatistiksel farklıklar tek faktör ve iki faktör ANOVA ile hesaplanmıştır. Gruplar arasındaki farklılıkların belirlenmesi amacıyla da Tukey çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır.

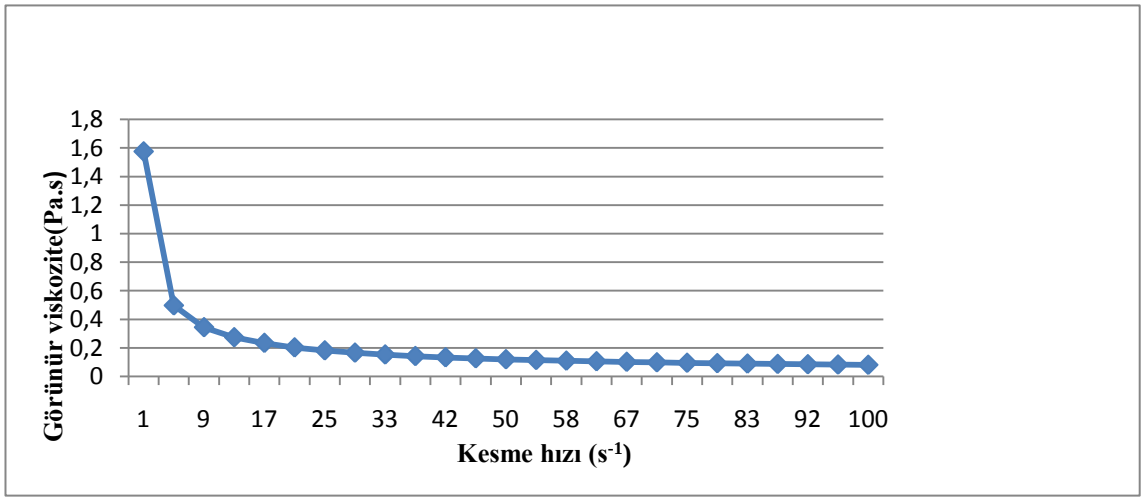
4. BÖLÜM

BULGULAR

4.1.Yenilebilir Sütlü Buz Miksinin Reolojik Özellikleri

4.1.1 Görünür Viskozite

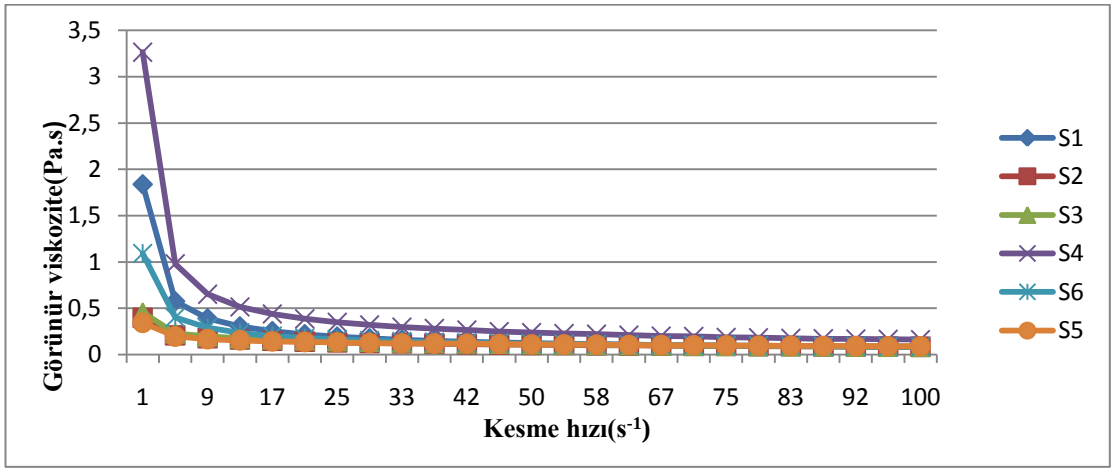
Farklı stabilizatör ve farklı bitkisel yağ kullanılarak hazırlanan bitkisel yağlı yenilebilir sütlü buz mikslerinin 20C° de yapılan reolojik analizler sonucunda artan kesme hızına bağlı olarak görünür viskozitelerinde azalma gözlenmiştir. Dondurma ve diğer süt ürünlerinin genelde artan kesme hızına bağlı olarak görünür viskozitelerinde azalma gözlenmekte yani pseudö plastik akışkan özelliği sergilemektedirler. Ayçiçeği yağı ve ksantan gamla hazırlanmış kontrol örneğinin ağızdaki kesme hızı olan 55 s^{-1} kesme hızında görünür viskozite değeri 0,1144 Pa.s olarak bulunmuştur. Kontrol örneğinin artan kesme hızına bağlı olarak viskozite değerindeki değişim Şekil 4.1'de gösterilmektedir.



Şekil 4.1. Kontrol örneklerinin artan kesme hızına bağlı olarak görünür viskozitesindeki değişim

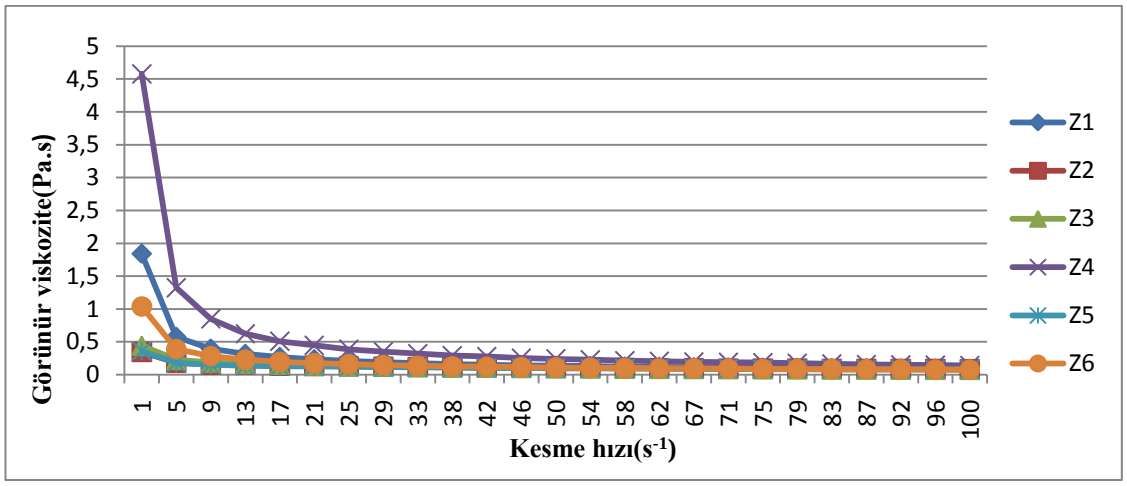
Soya yağı ile hazırlanmış ve farklı stabilizatör ve bu stabilizatörlerin kombinasyonlarını içeren yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buz mikslerinin görünür viskozitelerindeki değişimlerini incelediğimizde kontrol grubunda olduğu gibi artan kesme hızına bağlı olarak viskozitelerinde azalma gözlenmiştir. Stabilizatörlerin tek başlarına görünür viskozitelerine olan etkilerini incelediğinde en yüksek değerin, ksantan gam ile hazırlanan örnek olduğu belirlenmiştir. 55s^{-1} kesme hızında ksantan gamla hazırlanan örneğin görünür viskozite değeri 0,1175 Pa.s olarak bulunmuştur. Bu değerin kontrol gurubu örneğinin viskozite değerine oldukça yakın olduğu gözlenmiştir.

Stabilizatörlerin kombinasyonlarının görünür viskozite değeri üzerine etkilerini incelediğimizde ise en yüksek değerin LBG ve ksantan gamın kombinasyonuyla hazırlanan S4 örneğinden elde edildiğini görmekteyiz. 55 s^{-1} kesme hızında saptanan değer 0,226 Pa.s olmuştur. Bu değer, ksantan gamla hazırlanan S1 örneği ve kontrol gurubu örneğin görünür viskozitesinden yaklaşık 2 kat, LBG gamla hazırlanan örneğin görünür viskozitesi olan 0,102 Pa.s değerinden ise yaklaşık 2,5 kat daha fazla olduğu görülmüştür. Diğer stabilizatörlerin kombinasyonlarını içeren S5 ve S6 örneklerinden ise bu kombinasyonda olduğu kadar güçlü bir sinerji gözlenmemiştir. Sodyum aljinat kullanılarak hazırlanan S3 örneğinin 55s^{1} kesme hızındaki görünür viskozite değeri 0,109 Pa.s değerinde iken bu stabilizatörün LBG ve ksantan gam kombinasyonuyla hazırlanan S5 ve S6 örneklerinin görünür viskozite değerleri sırasıyla 0,108 ve 0,113 Pa.s olarak bulunmuştur. Soya yağı ile hazırlanmış yenilebilir sütlü buz mikslerinin artan kesme hızına bağlı olarak viskozitelerindeki değişim Şekil 4.2' de görülmektedir.



Şekil 4.2. Artan kesme hızına bağlı olarak soya yağı ile hazırlanan yenilebilir sütlü buz mikslerinin viskozite değişimleri

Zeytinyağı kullanılarak hazırlanan yenilebilir sütlü buzların diğer örneklerde olduğu gibi artan kesme hızına bağlı olarak viskozitelerinde azalma gözlemlenmiştir. Zeytinyağı ile hazırlanan örneklerin 55s $^{-1}$ kesme hızında en yüksek viskozite değeri soya yağı ile hazırlanan örnekte olduğu gibi ksantan gamla hazırlanan Z1 örneğinde bulunmuştur.55s^{-1} kesme hızında Z1 örneğinin viskozite değeri 0,130 Pa.s olarak bulunmuştur. Stabilizatörlerin kombinasyonlarının görünür viskoziteye olan etkilerini incelediğimizde en yüksek değer LBG ve ksantan gam karışımıyla hazırlanan Z4 örneğinde bulunmuştur.55s^{-1} kesme hızında 0,227 Pa.s olan bu değer LBG ve ksantan gamın tek başına kullanımıyla hazırlanan Z2 ve Z1 örneklerinden sırasıyla 2 ve 2.5 kat daha fazladır. Zeytin yağı ile hazırlanan Z3, Z5 ve Z6 örneklerin 55^{-1} kesme hızında görünür viskozite değerleri sırasıyla 0,096, 0,098 ve 0,105 Pa.s olarak saptanmıştır.

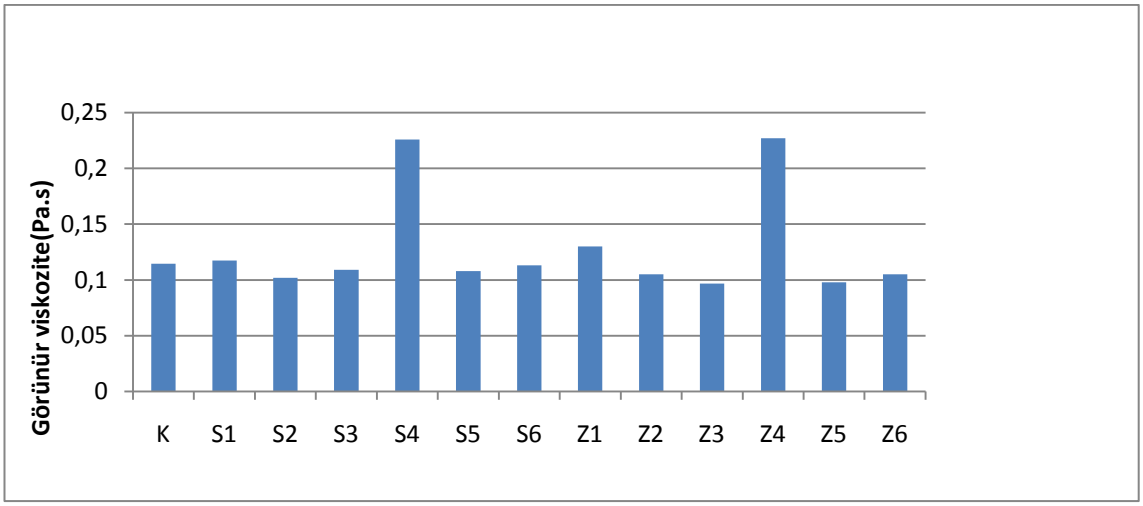


Şekil 4.3. Artan kesme hızına bağlı olarak zeytin yağı il hazırlanmış örneklerin görünür viskozite değerlerindeki değişim.

Ayçiçeği yağı, soya yağı ve zeytinyağı ile hazırlanan örneklerin 55^{-1} kesme hızında görünür viskozite değerlerinde kullanılan stabilizatör çeşidine bağlı olarak önemli bir değişim görülmektedir. Aynı stabilizatör ve kombinasyonlarıyla hazırlanan örneklerin viskozite değerleri birbirine yakın çıkmıştır.

Farklı bitkisel yağ çeşidi örneklerin görünür viskozitelerini önemli derecede etkilememiştir. Z1 ve S1 örnekleri kontrol örneğinin görünür viskozitesine yakın değerlerde iken Z4 ve S4 örneklerinin görünür viskozite değerleri kontrol örneğinin görünür viskozitesinden oldukça yüksek çıkmıştır. Diğer örneklerin 55s^{-1} kesme

hızındaki görünür viskozite değerleri kontrol örneğinin görünür viskozite değerinden düşük bulunmuştur.



Şekil 4.4. 55 s^{-1} kesme hızında örneklerin görünür viskozite değerleri

4.1.2 Kıvam Katsayısı

Farklı stabilizatör ve farklı bitkisel yağ kullanılarak hazırlanan yenilebilir sütlü buz mikslerinin 20°C deki kıvam katsayısı (K) ve akış davranış indeksi (n) değerleri Tablo 4.1 de gösterilmiştir.

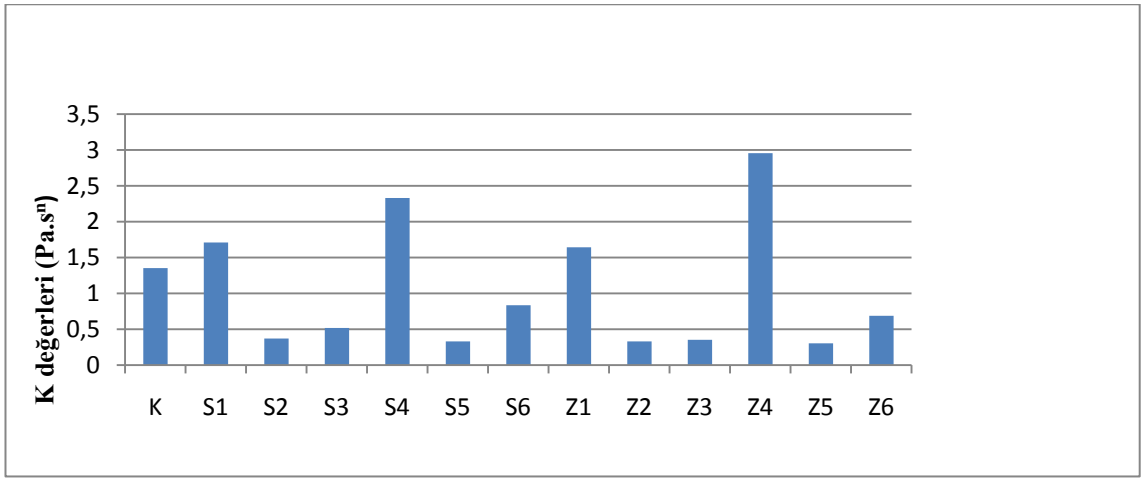
Tablo 4.1. Yenilebilir sütlü buz mikslerine ait K, n ve R^2 değerleri

Örnek	K(Pa.s	n	R2
K	1,353	0,3934	0,9990
S1	1,710	0,4661	0,9999
S2	0,3714	0,6780	0,9986
S3	0,5179	0,6062	0,9992
S4	2,330	0,5034	0,9999
S5	0,3299	0,7174	0,9997
S6	0,8337	0,5024	0,9992
Z1	1,644	0,3652	0,9996
Z2	0,3299	0,7066	0,9996
Z3	0,3528	0,6455	0,999
Z4	2,954	0,2609	0,9996
Z5	0,3019	0,7159	0,9998
Z6	0,6857	0,4864	0,9997

Yenilebilir sütlü buz mikslerinin belirli bir kesme aralığında elde dilen kesme hızı-kesme stresi değerleri üslü-yasa modeline uygulanarak, örneklerin kıvam katsayısı ve akış davranış indeksi değerleri belirlenmiştir. Yenilebilir sütlü buz mikslerine ait en yüksek kıvam katsayısı değeri ile Z4 örneğinde gözlenirken, en düşük değer Z5 örneğinde gözlenmiştir. En yüksek kıvam katsayınsa sahip Z4 örneğinin kıvam katsayısı değeri 2,954, kontrol örneğinin kıvam katsayısı değeri 1,353 ve Z5 örneğinin kıvam katsayısı 0,3019 olarak bulunmuştur.

Ksantan gam ve kombinasyonlarının kullanıldığı örneklerin kıvam katsayısı değeri yüksek çıkmış ve en yüksek değerler LBG ile ksantan gamın birlikte kullanımıyla hazırlanan örneklerden elde edilmiştir. Genellikle soya yağı ile hazırlanan örneklerin kıvam katsayısı değeri zeytinyağı ile hazırlanan örneklerin kıvam katsayısı değerinden yüksek çıkmıştır. Kullanılan farklı stabilizatör çeşidinin örneklerin kıvam katsayı üzerine etkileri önemli bulunmuştur ($P<0,01$).

S1, S4, Z1 ve Z4 örneklerinin kıvam katsayısı değerleri kontrol örneğinin kıvam katsayısı değerinden yüksek çıkmış diğer örneklerin kıvam katsayı değerleri kontrol örneğinin kıvam katsayısı değerinden düşük çıkmıştır.

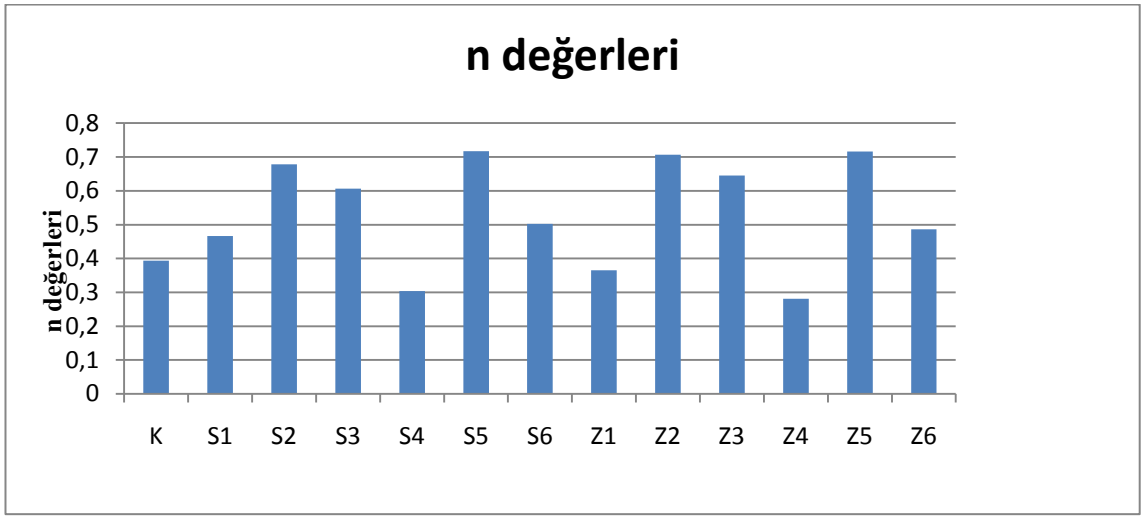


Şekil 4.5. Yenilebilir sütlü buz mikslerinin kıvam katsayısı değerleri

4.1.3 Akış davranış indeksi (n)

Yenilebilir sütlü buz mikslerinin akış davranış indeksi kullanılan stabilizatör çeşidine bağlı olarak farklılık göstermiştir. Yenilebilir sütlü buz mikslerine ait en yüksek n değeri S5 örneğinde gözlenirken en düşük n değeri Z4 örneğinde saptanmıştır. Yapılan

istatistiksel analiz sonuçlarına göre farklı stabilizatör çeşidinin n değeri üzerine etkileri önemli bulunmuştur (P<0,01). Genellikle kıvam katsayı yüksek olan örneklerin n değerleri düşük bulunmuştur. Ksantan gam ve LBG ile hazırlanan örneklerin n değerleri yüksek çıkarken sodyum aljinat ve LBG ile hazırlanan örneklerin n değerleri yüksek çıkmıştır.



Şekil 4.1.6. Yenilebilir sütlü mikslerinin kış davranış indeksi (n) değerleri

Farklı bitkisel yağ çeşidinin örneklerin n değerleri üzerine etkilerinin önemli olmadığı bulunmuştur (P>0,01). Ayçiçeği yağı, zeytinyağı ve soya yağı ile hazırlanan ksantan gam içeren örneklerin (K, Z1, S1) sırasıyla n değerleri 0,3934, 0,4661 ve 0,3652 olarak saptanmıştır. S4 ve Z4 örneklerinin n değerleri kontrol örneğinden düşük diğer örneklerin n değeri kontrol örneğininkinden yüksek çıkmıştır.

4.1.2 Fizikokimyasal analizler

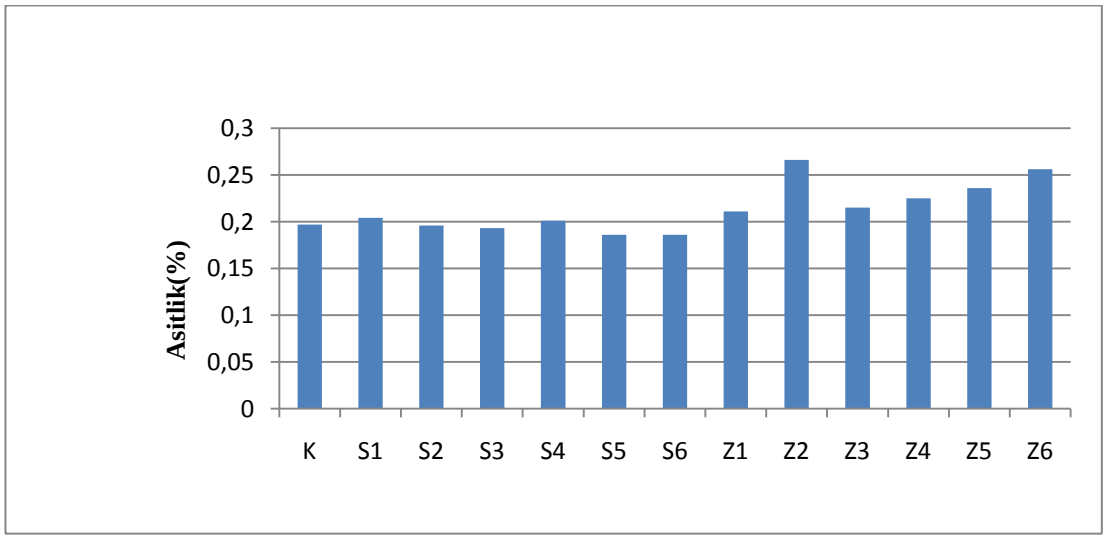
4.1.2.1 Titrasyon asitliği

Farklı stabilizatör ve bitkisel yağ içeren örneklere ait fizikokimyasal değerler Tablo 4.3. de verilmiştir. Yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buz mikslerinin titrasyon asitliği değerleri kullanılan stabilizaör ve yağ çeşidine bağlı olarak farklılık göstermiştir. Genellikle soya yağı kullanılan mikslerin titrasyon asitliği düşük, zeytinyağı kullanılan mikslerin titrasyon asitliği yüksek bulunmuştur. En yüksek titrasyon asitliği değeri 0,266 olan Z2 değerinde iken en düşük titrasyon asitliği değeri ise 0,186 olarak S6 örneğinde gözlemlenmiştir. Farklı bitkisel yağ kullanımının örneklerin titrasyon asitliğine etkileri önemli bulunmuştur (P<0,01).

Aynı bitkisel yağ içeren örneklerde en yüksek titrayon asitliği değeri LBG ile hazırlanan örneklerden elde edilmiştir. Farklı stabilizatör kullanımın örneklerin titrasyon asitliği üzerine etkileri isatiksel olarak önemli bulunmuştur. Kontrol örneğinin titrasyon asitliği değeri 0,197 olarak belirlenirken, S2, S3, S5 ve S6 örneklerinin titrasyon asitliği değeri kontrol örneğinden düşük, diğer örneklerin titrasyon asitliği değeri kontrol örneğinin titrasyon asitliği değerinden daha yüksek çıkmıştır.

Tablo 4.3. Yenilebilir sütlü buz mikslerine ait fizikokimyasal değerler

Örnek	Nem (%)	pH	Asitlik(%)
K	66,24 ± 0,013	6,503 ± 0,06	0,197 ± 0,06
S1	65,92 ± 0,003	6,515 ± 0,024	0,204 ± 0,005
S2	66,34 ± 0,003	6,582 ± 0,019	0,196 ± 0,005
S3	66,20 ± 0,003	6,575 ± 0,016	0,193 ± 0,009
S4	66,14 ± 0,023	6,490 ± 0,022	0,201± 0,05
S5	66,25 ± 0,003	6,634 ± 0,026	0,186 ± 0,003
S6	65,91 ± 0,002	6,540 ± 0,024	0,186 ± 0,005
Z1	65,64 ± 0,003	6,408 ± 0,024	0,211 ± 0,01
Z2	66,30 ± 0,015	6,308 ± 0,025	0,266 ± 0,01
Z3	66,26 ± 0,002	6,421 ± 0,032	0,215 ± 0,01
Z4	66,29 ± 0,003	6,534 ± 0,018	0,225 ± 0,01
Z5	65,92 ± 0,003	6,374 ± 0,007	0,236 ± 0,012
Z6	65,81 ± 0,003	6,312 ± 0,019	0,256 ± 0,015

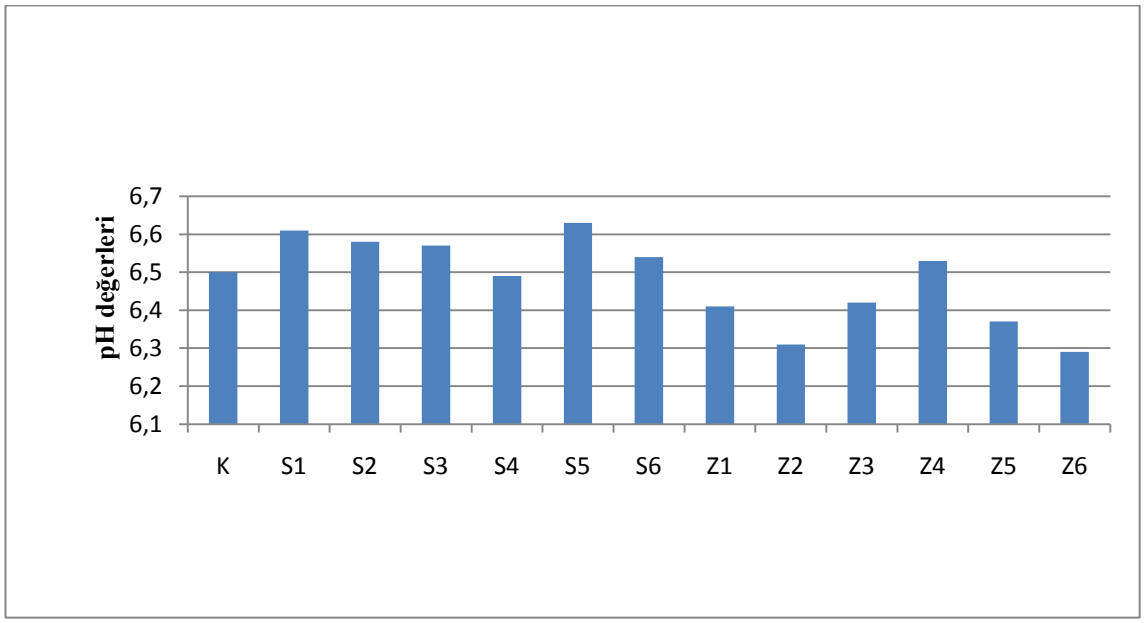


Şekil 4.7. Yenilebilir sütlü buz mikslerine ait titrasyon asitliği değerleri

4.1.2.2. pH Değerleri

Yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buz mikslerine ait pH değerleri kullanılan bitkisel yağ ve stabilizatör çeşidine bağlı olarak farklılık göstermiştir. En yüksek pH değeri 6.308 olarak Z2 örneğinde, en yüksek pH değeri ise 6,634 olarak S5 örneğinde gözlenmiştir. Farklı bitkisel yağ kullanımı, örneklerin pH derecesini önemli derecede etkilemiştir (P<0,01). Zeytinyağı ile hazırlanan örneklerin pH değerleri soya ve ayçiçeği yağı ile hazırlanan örneklerin pH değerinden daha düşük bulunmuştur. Ksantan gam ile hazırlanan örneklerin pH dğerleri sırasıyla K örneğinde 6,503, S1 örneğinde 6,515 ve Z1 örneğinde 6,408 olarak bulunmuştur. Bu durum zeytinyağı kullanımın örneklerin pH derecesini önemli derecede düşürdüğünü göstermektedir.

Farklı stabilizatör çeşidinin örneklerin pH değerlerine olan etkileri önemli bulunmuştur (P<0,01). LBG ile hazırlanan örneklerin pH değerleri diğer stabilizatörlerle hazırlanan örneklerin pH değerlerinden düşük bulunmuştur. S4 örneği dışında soya yağı ile hazırlanan örneklerin pH değerleri kontrol örneğinden yüksek çıkarken, zeytin yağı ile hazırlanan örneklerin pH değerleri kontrol örneğinin pH değerinden düşük çıkmıştır (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buz mikslerine ait pH değerleri

4.1.2.3 Nem değerleri

Yenilebilir sütlü buz mikslerine ait nem değerlerinde beklenildiği gibi kullanılan stabilizatör ve yağ çeşidine bağlı olarak önemli bir değişiklik gözlenmemiştir. Mikste kullanılan bileşenlerin tüm örneklerde yüzde olarak aynı miktarda kullanılmasından dolayı farklı stabilizatör çeşidi örneklerin nem değerlerini önemli ölçüde etkilememiştir (P>0,01). En yüksek nem değeri 66,34 olarak S2 örneğinde en düşük değer ise 65,91 olarak Z6 örneğinde saptanmıştır.

4.1.2.4 Renk değerleri

Yenilebilir sütlü mikslerine ait *L*, a*,b** değerleri Tablo 4.3 gösterilmektedir. Yenilebilir sütlü buz mikslerine ait en yüksek *L** değeri, S4 örneğinde (63,34) en düşük *L** değeri ise Z2 örneğinde (56,54) gözlemlenmiştir. LBG ile hazırlanan örneklerin *L* değerleri düşük bulunmasına rağmen, ksantan gam ile birlikte kullanılmaları halinde *L** değerleri yüksek bulunmuştur. Farklı stabilizatör ve bitkisel yağ kullanımının örneklerin *L** değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0, 01).

Yenilebilir sütlü buz mikslerine ait en yüksek *a** değeri -3,51 ile S4 ve Z4 örneğinde en düşük *a** değeri -5,10 ile S3 örneğinde gözlenmiştir. Kontrol örneğinin *a** değeri – 4,42 olarak bulunmuş, S4 örneği dışında soya yağı ile hazırlanan örneklerin *a** değeri bu değerden daha yüksek çıkmıştır. Zeytinyağı ile hazırlanan örneklerin *a** değerleri kontrol örneği değerinden daha yüksek bulunmuştur. Yenilebilir sütlü buz örneklerinin sıfırın altındaki *a** değerleri bu örneklerde yeşil rengin kırmızıya göre daha baskın olduğunu göstermektedir. Kullanılan stabilizatör tipinin mikslerin *a** değerleri üzerine etkisi önemli bulunmuştur (P<0,01).

Yenilebilir sütlü buz mikslerinin *b** değerleri -2,76-0,63 değerleri arasında bulunmuş kontrol örneğinin ve soya yağı ile hazırlanan örneklerin *b** değerleri negatif zeytinyağı ile hazırlanan örneklerin *b** değerleri ise pozitif olarak tespit edilmiştir. En yüksek *b** değeri Z4 (0,63) en düşük *b** değeri ise S2 (-2,76) örneğinde gözlemlenmiştir. Kontrol örneğinin *b** değeri -1,49 olarak bulunmuştur. Farklı stabilizatör kullanımının örneklerin *b** değerleri üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0,01).

Tablo 4.3. Yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buz mikslerine ait *L*, a*, b** değerleri

Örnek	*L**	*a**	*b**
K	61,13 ± 1,062	-4,42 ±0,21	-1,49 ± 0,42
S1	59,62 ± 0.92	-4,89 ± 0,17	-1,93 ± 0,23
S2	57,25 ± 0,68	-5,08 ± 0,213	-2,76 ± 0,31
S3	58,93 ± 0,63	-5,10 ± 0,19	-2,60 ± 0,40
S4	63,38 ± 0,95	-3,51 ± 0,04	-0,63 ± 0,078
S5	59,21 ± 0,95	-4,80 ± 0,28	-1,70 ± 0,37
S6	59,97 ± 0,512	-4,93 ± 0,14	-1,95 ± 0,11
Z1	61,23 ± 0,65	-3,97 ± 0,27	-0,16 ± 0,37
Z2	56,54 ± 0,53	-4,34 ± 0,37	-0,84 ± 0,52
Z3	61,10 ± 0,48	-3,80 ± 0,1	0,47 ± 0,24
Z4	62,47 ± 0,13	-3,51 ± 0,38	0,63 ± 0,27
Z5	60,11 ± 1.13	-4,26 ± 0,14	0,62 ± 0,67
Z6	58,65 ± 0,33	-3,80 ± 0,49	0,42 ± 0,61

4.2.Yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buz ürününe yapılan analizler

4.2.1.Hacim artışı analizi

Yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buz üretiminde ürünün ön dondurma aşamasında verilen hava ürünün kıvam özellikleri, erimeye karşı direnci ve duyusal kalitesi açından oldukça önemli bir faktördür. Yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buzda dondurmada olduğu gibi maksimum %100 oranında hava verilmektedir. Yapılan analizler sonunda kıvam katsayısı yüksek olan ürünlerin hacim artış indeksinin de yüksek olduğu saptanmıştır. En yüksek hacim artışı indeksi 1.02 ile Z4 örneğinde en düşük hacim artışı indeksi ise 0,74 ile Z5 örneğinde gözlemlenmiştir. Hacim artış indeksine farklı stabilizatörlerin etkisi istatistiksel olarak önemli olarak bulunurken ($P<0,01$), farklı bitkisel yağ kullanımının hacim artış indeksine etkisi önemsiz bulunmuştur ($P>0,01$). Yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buz örneklerine ait hacim artış indeksi ve diğer analizlere ait değerler Tablo 4.4 de verilmiştir.

4.2.2 Erime süresi analizi

Erime süresi ve erime oranı, yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buz ve dondurma gibi ürünlerde çok önemli kalite kriterleridir. Bu tür ürünlerde ürünün erimeye karşı direnç göstermesi ve erimeleri sırasında ağızda homojen bir şekilde dağılması arzu edilir.

Yapılan analizlerde erime oranının örneklerin kıvam katsayısı ve görünür viskozitesi ile yakından ilişkili olduğu gözlemlenmiştir. Görünür viskozitesi ve kıvam katsayısı yüksek olan örneklerin erime süreleri yani erimeye karşı gösterdikleri direncin de yüksek olduğu saptanmıştır. En yüksek erime süresi 72 dakika erime süresiyle S4 örneğinden, en düşük erime süresi ise 52 dakika ile Z5 örneğinden elde edilmiştir. Diğer tarafdtan kontrol örneğinin erime süresi, 65 dakika olarak bulunmuştur. Erime süresi üzerine farklı bitkisel yağ ve stabilizatörlerin kullanımının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0,01). Kıvam katsayısında gözlenen sonuçlara benzer bir durum erime süresinde de ortaya çıkmış ve kıvam katsayısı yüksek çıkan ksantan gam içeren örneklerin erime süresi uzun, kıvam katsayısı düşük çıkan sodyum aljinat içeren örneklerin erime süresi ise yine düşük bulunmuştur.

Tablo 4.4. Yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buzlara ait erime üresi ve erime oranları değerleri

Örnek	Hacim Artış İndeksi	Erime Oranı (%)		Erime Süresi (dk)
		45 Dakika	60 Dakika	
K	0,88	64	91	65
S1	0,92	61	84	68
S2	0,82	72	100	56
S3	0,78	74	100	55
S4	0,98	58	81	72
S5	0,75	71	100	53
S6	0,86	68	100	60
Z1	0,88	73	97	62
Z2	0,76	69	100	54
Z3	0,77	65	100	53
Z4	1,02	56	83	70
Z5	0,74	78	100	52
Z6	0,79	72	100	57

4.2.3 Erime oranı

Erime oranı analizi erime süresi analizinde olduğu gibi örneklerin görünür viskozitesi ve kıvam katsayısıyla ilişkili bir durum sergilemiştir. Kıvam katsayısı yüksek olan ürünler erimeye karşı daha çok direnç göstermiş ve 45, 60 dakika süresince yapılan erime oranı değerleri düşük çıkmıştır. Örneklerin başlangıç erime oranları düşük olduğu

gözlenirken özellikle de 45 dakikalık bir süreden sonra örneklerin erime oranlarında hızlı bir artış tespit edilmiştir. Ksantan gam içeren örnekler dışındaki örneklerin hepsi 60 dakikalık bir süre sonunda tamamen erimişlerdir. Ksantan gam içeren örneklerin erime oranları diğer örneklere oranla daha düşük çıkmıştır. 45 dakika süre sonunda en düşük erime oranları Z4 örneğinden (%56), en yüksek erime oranı ise Z5 örneğinden(%78,24) elde edilmiştir. Kontrol örneğinin 45 dakikada erime oranı ise % 64,55 olarak belirlenmiştir. 60 dakikalık süre sonunda yapılan erime oranı analizi sonunda en düşük erime değerine sahip örneğin % 81,58 ile S4 örneği olduğu saptanmıştır. Farklı stabilizatör kullanımın örneklerin erime oranlarına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0,01).

4.2.3.4 Duyusal analiz

Yapılan duyusal analizlerde farklı stabilizatör ve farklı yağ çeşitleriyle hazırlanan örneklerin renk-görünüş, yapı-kıvam, tat-koku ve genel toplam değerleri incelenmiştir. Şekil 4.9'da yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buz örneklerine ait ortalama duyusal skorlar gösterilmektedir.

Duyusal analiz sonuçlarına göre, en çok beğenilen örneğin ayçiçeği yağı ve ksantan gam kullanılarak hazırlanan kontrol örneği olduğu ve soya yağı ile hazırlanan örneklerin kontrol örneğinin duyusal skorlarına yakın olduğu belirlenmiştir. Zeytin yağı ile hazırlanan örneklerin yapı ve kıvam dışındaki duyusal değerleri diğer örneklere göre belirgin derecede düşük bulunmuştur. Örneklerin duyusal değerlerine farklı stabilizatör kullanımının etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunurken (P>0,01), farklı bitkisel yağ kullanımının örneklerin duyusal değerlerine etkisi statiksel bakımdan önemli bulunmuştur (P<0,01).

5.BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ

Yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buz mikslerinde yapılan reolojik analizler sonucunda örneklerin artan kesme hızına bağlı olarak viskozitelerinde azalma gözlemlenmiştir. Yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buz örnekleri psedöplastik akış davranış özelliği sergilemişlerdir. Örneklerin içeriğinde kullanılan farklı stabilizatörlerin örneklerin kıvam katsayısı ve görünür viskozite değerlerine olan etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,01$). Ksantan gam kullanılan örneklerin görünür viskozite ve kıvam katsayısı değerleri diğer stabilizatör içeren örneklerden daha yüksek saptanmıştır. Diğer taraftan LBG ve sodyum aljinat içeren örneklerin kıvam katsayısı ve görünür viskozite değerleri birbirine yakın bulunmuştur. Yapılan analizler sonucunda stabilizatörlerin kombinasyonların görünür viskozite ve kıvam katsayısı değerine etkilerini incelediğinde en güçlü etkinin LBG ve ksantan gam içeren kombinasyonlarda olduğu görülmektedir. LBG ve sodyum aljinat içeren örneklerin kıvam katsayısı ve viskozite değerlerinde önemli bir artış görülmemiştir. Ksantan gam ve sodyum aljinat içeren örneklerde viskozite ve kıvam katsayısı değerleri, sodyum aljinat içeren örneklerden yüksek, ksantan gam içeren örneklerden düşük bulunmuştur. En yüksek kıvam katsayısı değeri LBG ve ksantan gam karışımını içeren Z4 (2,954 $P.s^n$) örneğinde ve en düşük kıvam katsayısı değeri ise sodyum aljinat ve LBG karışımı içeren Z5 (0,3019 $P.s^n$) örneğinde gözlemlenmiştir.

Literatürde benzer araştırmalarda dondurma ve benzeri gıdaların artan kesme hızına bağlı olarak viskozitelerinde azalma gözlendiği yani psedöplastik akış tipini sergilediğini görmekteyiz. Aime ve ark farklı yağ oranına sahip dondurmaların tekstürel ve reolojik özelliklerini inceledikleri çalışmalarında örneklerin akış davranış indeksi değerlerini 0,370 ile 0,661 arasında bulmuşlar, dondurma örneklerinin artan kesme

hızına bağlı olarak görünür viskozitelerinde azalış olduğunu bildirmişler. Bu araştırmada örneklerin kıvam katsayısı değerlerini ise 0,073 ile 1,26 arasında bulmuşlardır [6]. Dogan ve Kayacıer. düşük sıcaklıkta olgunlaştırma işleminin Kahramanmaraş Tipi dondurma örneklerinin reolojik özelliklerine etkisi inceledikleri araştırmada örneklerin kesme incelmesi bir davranış sergilediklerini bulmuşlardır. Örneklerin akış davranış indeksi değerlerini 0,336 ile 0,339 arasında bulmuşlar ve örneklerin olgunlaştırmayla birlikte viskozite değerlerinde artış saptamışlardır [54]. Kuş ve ark. farklı salep konsantrasyonlarının (%0,5-1,5) dondurma örneklerinin reolojik özelliklerine etkisini inceledikleri çalışmada örneklerin salep konsantrasyonunu azalmasıyla örneklerin thiksotropik yapısının azaldığını bu yapının kırılmasıyla birlikte ise örneklerin kesme incelmesi bir akış sergilediğini bulmuşlardır [48]. Şimşek ve ark. farklı stabilizatör kullanımının % 6 bitkisel yağ içeren dondurmanın reolojik ve fizikokimyasal özelliklerine etkisini inceledikleri çalışmada ksantan gam içeren örneklerin ortalama viskozite değerlerinin LBG, karragenan, guar gam, pektin ve karboksi metil selüloz içeren örneklerden daha fazla olduğunu bildirmişlerdir [55]. Higiro ve ark. LBG ve ksantan gamın farklı oranlardaki karışımlarının seyreltik bir tuz çözeltisinde reolojik özelliklerini inceledikleri bir çalışmada %60 ksantan gam ve % 40 LBG içeren örneğin viskozite değerinin %100 ksantan gam ve % 100 LBG içeren örneklerin viskozite değerlerinden daha yüksek olduğunu vurgulamışlardır [56].

Yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buzun reolojik özelliklerine farklı stabilizatörlerin etkisini incelediğimiz bu araştırmada, bulgularımız daha önce yapılan araştırmalar ile uygunluk göstermiştir ve yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buzun reolojik özelliklerinin farklı stabilizatörler kullanılarak optimize edebileceğinin mümkün olduğu görülmüştür. Dondurma ve yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buz ürünlerinin reolojik optimizasyonunda farklı stabilizatör kombinasyonlarının kullanılabileceği gözlenmiştir. Araştırmamızda birden fazla stabilizatör karışımının kullanılması stabilizatörlerin tek başlarına kullanımından daha etkili olabileceği anlaşılmıştır. Farklı stabilizatör karışımıyla birlikte örneklerin viskozite ve kıvam katsayısı değerleri artırılabilir ve reolojik özellikleri daha düşük konsantrasyonlarda stabilizatör kullanımıyla optimize edilebilir. Bu şekilde örneklerin reolojik özelliklerinin maksimimize edilmesi daha etkili ve daha düşük bir maliyetle sağlanabilir.

Yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buzun yapılan fiziko-kimyasal analizler sonucunda farklı bitkisel yağ ve stabilizatör kullanımının örneklerin fiziko-kimyasal özelliklerini önemli derecede etkilediği gözlemlenmiştir. Yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buzun yapılan analizler sonucunda pH değerleri 6,308-6,634 arasında, titrasyon asitliği bakımından bulgularımızda 0,186 değerinden 0,266 değerine değişim olduğunu görmekteyiz. Yapılan bu analizlerde zeytinyağı içeren örneklerin titrasyon asitliği değeri, soya ve ayçiçeği yağı içeren örneklerin titrasyon asitliği değerlerinden daha yüksek olarak bulunmuştur. Aynı bitkisel yağ çeşidini içeren örneklerde, LBG içeren örneklerin titrasyon asitliği değeri diğer stabilizatör içeren örneklerden daha yüksek bulunmuştur. Kaçar ve Şahan farklı oranlarda süt tozu, maltodekstrin ve polidektroz içeren dondurmaların pH değerlerini 6,35-6,50 arasında, titrasyon asitliği değerini ise 0,181-0,25 arsında değiştiğini bildirmektedirler [57]. Şimşek ve ark. farklı stabilizatör kullanımının bitkisel yağlı dondurmanın fiziko-kimyasal özelliklerine etkisini inceledikleri araştırmada LBG içeren örneğin pH değerini 6,31 olarak bulmuşlardır. Bu değer bizim araştırmamızda bulunan değere (6,308) oldukça yakındır. Ayrıca aynı araştırmada dondurmaların pH değerleri benzer şekilde 6,21 ile 6,57 arasında değiştiği bildirilmiştir [55].

Araştırmamızda yapılan nem tayini sonuçlarında yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buz örneklerinin kuru madde değerleri yaklaşık % 34 oranında bulunmuştur. Yeşilsu bazı pekmez çeşitlerinin dondurmanın kalite özelliklerine etkisini incelediği bir araştırmada kuru madde oranı % 26,49-%36,81 arasında[50], Şimşek ve ark. bitkisel yağlı dondurmanın fizikokimyasal özelliklerine stabilizatörlerin etkisini incelediği araştırmada kuru madde oranını %36,85 [55] ve Granger ve ark. bitkisel yağ içeren dondurmanın reolojik özeliklerini ve erime süresine farklı yapıdaki emülgatörlein etkisini inceledikleri bir araştırmada kuru madde oranının %36,5 olduğunu gözlemlemişlerdir. Yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buz örneklerinin kuru madde değerleri yapılan diğer araştırmalara yakın değerlerde bulunmuştur [8].

Yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buz örneklerine yapılan renk analizleri sonucunda L^* değerleri 63,38-56,54 arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Yeşilsu pekmezli dondurmanın renk değerleri üzerine yaptığı çalışmada L^* değerlerini 72,35-82,35 arasında saptanmıştır [50]. Dervişoğlu çilekli dondurma üzerine yaptığı araştırmada

dondurmanın *L** değerlerini 72,34-77,7 arasında tespit etmiştir. Literatürdeki *L** değerlerinin araştırmamızdaki *L** değerlerinden yüksek çıkmasının en önemli nedeni dondurma ve yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buzda kullanılan yağ çeşidinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca dondurma örneklerinde kullanılan salep örneklerin L* değerlerinin yüksek çıkmasında önemli bir etken olmuştur [58].

Yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buz örneklerinin yapılan araştırmalar sonucunda hacim artışı indeksi değerleri 0,74-1,02 arasında tespit edilmiştir. Farklı stabilizatör kullanımının örneklerin hacim artışı indeksi değerlerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0,01). Rosalina ve Hartel overrun oranının dondurmanın fiziksel özelliklerine etkisini inceledikleri araştırmada hacim artışı indeksini 1,6-2,4 arasında saptamışlardır [15]. Yeşilsu pekmez içerikli dondurmaların hacim artışı indekslerini 1,19-1,40 arasında belirlemiştir. Çalışmamızda yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buz örneklerinin hacim artışı indeksi değerleri literatüre göre daha düşük çıkmıştır [50].

Yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buz örneklerinin erime süresi değerleri 52-72 dakika arasında tespit edilmiştir. Farklı stabilizatör kullanımının örneklerin erime süresine etkileri isatiksel bakımdan önemli bulunmuştur (P<0,01). Granger ve ark (2006) farklı yapıdaki emülgatörlerin Hindistan cevizi yağı içeren dondurmaların erime süresine etkilerini inceledikleri bir araştırmada erime süresi değerlerini 56-102 dakika arasında değiştiği bildirilmektedir[8]. Şimşek ve ark. bitkisel yağ içeren dondurmanın fiziko-kimyasal özelliklerine stabilizatörlerin etkisini inceledikleri araştırmada erime süresi değerlerini 53,47-124,93 dakika arasında tespit etmişlerdir [55]. Araştırmamızdaki yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buz örneklerinin erime sürelerinin, literatürlerde verilen değerlere oldukça yakın olduğu görülmüştür.

Duyusal analiz sonuçlarımızda en beğenilen örneğin ayçiçeği yağı ile hazırlanan kontrol örneğini olduğu tespit edilmiş ve soya yağı ile hazırlanan örneklerin duyusal değerleri kontrol örneğinin duyusal değerlerine yakın olduğu ortaya konmuştur. Zeytinyağı ile hazırlanan örneklerin duyusal değerleri soya yağı ve ayçiçeği yağı ile hazırlanan örneklerin duyusal değerlerinden belirgin şekilde düşük bulunmuştur. Örneklerin duyusal özelliklerine farklı stabilizatörlerin etkisi istatistiksel bakımdan önemsiz olarak

(P>0,01) bulunurken, diğer taraftan farklı yağ çeşidinin örneklerin duyusal özelliklerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0,01).

Zeytinyağı ile hazırlanan örneklerin yapı ve kıvam özellikleri ayçiçeği yağı ve soya yağı ile hazırlanan örneklerin yapı ve kıvam özelliklerine benzerlik göstermesine rağmen, özellikle örneklerin tat ve koku değerleri, ayçiçeği yağı ve soya ile hazırlanan örneklerin tat ve koku değerlerinden önemli derecede düşük bulunmuştur.

Duyusal ve reolojik analizler ayçiçeği yağı ile üretilen yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buzun soya yağı ve tat ve koku özelliklerinden gelen kusurun giderilebildiği takdirde zeytinyağı ile de üretimi gerçekleştirilebileceğini ortaya koymaktadır. Böylece fonksiyonel özelliği olan soya yağı ve zeytinyağının yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buz formülasyonunda kullanılmasıyla, yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buzun fonksiyonel gıda olarak tüketilebileceği gözlemlenmiştir.

KAYNAKLAR

1. Akçin, A., Dondurma Teknolojisi, Gıda, 4, 12-13, 1997.
2. Üçüncü, M., Süt ve Mamulleri Tekonolojisi Ders Kitabı, Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova-İzmir, 539, 545-546, 2005.
3. Marshall, R.T., Goff, H.D. and Hartel, R. W., Ice Cream, Sixth Edition, Kluwer Academic / Plenum Publisher, 233 Springer Street, New York, NY 10013, 2003.
4. Anonim. Türk Gıda kodeksi Yenilebilir Buzlu Ürünler Tebliği, Tebliğ No: 2005/43, 20005.
5. Anonim. Türk Gıda Kodeksi, Dondurma Tebliği, Tebliğ No:2004/45, 2005.
6. Aime, D.B., Arntfield,S.D., Malcolmson., L.J, Ryland, D., Texturel analysis of fat reduced vanilla ice cream product, Food Research International, 34, 237-246, 2001.
7. Goff, H. D., Colloidal aspects of ice cream a review., International Dairy Journal, 7, 363373, 1997.
8. Granger, C., Da Costa, J.P., Toutain, J., Barey, P., Cansell, M., Mapping of ice formulation using front-face fluorescence spectoscopy, International Dairy Journal, 16, 489-496, 2006.
9. Halling, P. J., Protein stabilized foams and emulsions, *CRC* Critical Reviews in Food Science and Nutrition 15,155-203,1981.
10. Kinsella, J. E., Milk proteins: physicochemical and functional properties, CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition 21, 197-262, 1984.
11. Goff, H. D. and Jordan, W. K., Action of emulsifiers in promoting fat destabilization during the manufacture of ice cream, Journal of Dairy Science 72, 18-29 1989.
12. Chang, Y., R.W. Hartel, Measurement of air cell distributions in dairy foams, International Dairy Journal, 12, (5), 463–472, 2002.
13. Marshall, T., Arbuckle, W. S., Ice cream (5th ed.). NewYork, NY: Chapman Hall., 1996.

14. Pelan, B. M. C, Watts, K. M., Campbell, I. J., Lips, A., The stability of aerated milk protein emulsions in the presence of small molecule surfactants. Journal of Dairy Science, 80, 2631–2638, 1997.
15. Rosalina, P.S., Hartel, R.W., Effect of overrun physical and structural characteristics of ice cream, International Dairy Journal, 14, 255-262, 2003.
16. Zhu, S., Ramaswamy, H. S., Le Bail, A., Ice-crystal formation in gelatin gel during pressure shift versus conventional freezing. Journal of Food Engineering, 66, 69–76,2005.
17. Tekinşen, O.C., Süt Ürünleri Teknolojisi(3.Baskı)., Selçuk Üniveritesi Basımevi, 328-330s., Konya.
18. Alejandra, R., Goff, D., Structure and ice recristalization in frozen stabilized ,ice cream model system, Food Hydrocolloids, 17, 95-102, 2003.
19. Bixler, H.J., Johndro, K., Falshaw, R., Kappa-2 Karragenan : Structure and performance of commercial extracts. Performance in two simulated dairy application, Food Hydrocolloids, 619, 2001.
20. Altuğ, T., Gıda Katkı Maddeleri, 83-101, Ege Üniversitesi, Bornova-İzmir, 2006.
21. Sutton, R. L., Evans, I. D., Crilly, J. F., Modelling ice crystal coarsening in concentrated dispersed food systems, Journal of Food Science, 59, 1227–1233,1994.
22. Turquois, T., Doublier, J. L., Taravel, F. R., Rochas, C.,Synergy of the kappa-carrageenan-carob galactomannan blend inferred from rheological studies. International Journal of Biological Macromolecules, 16, 105–107, 1994.
23. Flores, A. A., Goff, H. D., Recrystallization in ice cream after constant and cycling temperature storage conditions as affected by stabilizers, Journal of Dairy Science, 82, 1408–1415, 1999.
24. Goff, H. D., Caldwell, K. B., Stanley, D. W., Maurice, T. J., Influence of polysaccharides on the glass transition in frozen sucrose solutions and ice cream, Journal of Dairy Science, 76, 1268–1277, 1993.
25. Donhowe, D. P., Hartel, R. W., Recrystallization of ice in ice cream during controlled accelerated storage, International Dairy Journal, 6, 1191–1208, 1996.

26. Goff, H. D., Ferdinando, D., Schorsch, C., Fluorescence microscopy to study galactomannan structure in frozen sucrose and milk protein solutions, Food Hydrocolloids, 13, 353–362. 1999.
27. Hagiwara, Y., Hartel, R. W., Effect of sweetener, stabilizer and storage temperature on ice recrystallization in ice cream, Journal of Dairy Science, 79, 735–744, 1996.
28. Sutton, R. L., Wilcox, J., Recrystallization in ice cream as affected by stabilizers, Journal of Food Science, 63, 104–107, 1998.
29. Sutton, R. L., Cooke, D., Russell,A., Recrystallization in sugar/ stabilizer solutions as affected by molecular structure. Journal of Food Science, 62, 1145–1149, 1997.
30. Sutton, R. L., Lips, A., Piccirillo, G., Recrystallization in aqueous fructose solutions as affected by locust bean gum, Journal of Food Science, 61, 746–748, 1996.
31. Buyong, N., Fennema, O., Amount and size of ice crystals in frozen samples as influenced by hydrocolloids, Journal of Dairy Science, 71, 2630–2639, 1998.
32. Sahagian, M. E., Goff, H. D., Thermal, mechanical and molecular relaxation properties of stabilized sucrose solutions at sub-zero temperatures, Food Research International, 28, 1–8, 1995.
33. Budiaman, E. R., Fennema, O. R., Linear rate of water crystallization as influenced by viscosity of hydrocolloid suspensions. Journal of Dairy Science, 70, 547–554, 1987.
34. Muhr, A. H., Blanshard, J.M., Effect of polysaccharide stabilizers on the rate of growth of ice, Journal of Food Technology, 21, 683–710, 1986.
35. Cotrell, J.F.L., Pass, G. and Phillips, G.O., Assesment of Polysaccharides as Ice Cream Stabilizers, Journal of Food Science and Agricultural, 30, 1085-1089, 1979.
36. Harper, E. K., Shoemaker, C. F., Effects of locust bean gum and selected sweetening agents on ice recrystallization rates, Journal of Food Science, 48, 1801–1803, 1983.

37. Bolliger, S., Wildmoser, H., Goff, H. D., Tharp, B. W., Relationships between ice cream mix viscoelasticity and ice crystal growth in ice cream, International Dairy Journal, 10, 791–797, 2001.
38. Sutton, R. L., Wilcox, J. , Recrystallization in model ice cream solutions as affected by stabilizer concentration. Journal of Food Science, 63, 9–11, 1998.
39. Blond, G., Velocity of linear crystallization of ice in macromolecular systems, Cryobiology, 25, 61–66, 1988.
40. Patmore, J. V., Goff, H. D., Fernandes, S ., Cryogelation of galactomannans on ice cream model systems, Food Hydrocoloids, 2002.
41. Budiaman, E. R., Fennema, 0., Linear rate of water crystallization as influenced by viscosity of hydrocolloid suspensions, Journal of Dairy Science, 70, 547-554, 1987.
42. Fernandeza, P.P., Martinob, M.N. Zaritzkyb, N.E., Guignona, B. Sanza, P.D. Effects of locust bean, xanthan and guar gums on the ice crystals of a sucrose solution frozen at high pressure, Food Hydrocolloids ,21, 507–515, 2007.
43. Wildmoser, H., Scheiwiller, J., Erich, J. Windhab., Impact of disperse microstructure on rheology and quality aspects of ice cream, Lebensm.-Wiss. u.-Technol. 37, 881–891, 2003.
44. Rao, M.A., Rhelogy of fluid and semisolid foods pricibles and aplications, Aspen Publishers, Inc., USA, 1999.
45. Steffe, J.F., Rheological Methods in Food process Enginering.Freen Pres, USA, 1996.
46. Christi J. Geankopli, Transport Processing and Unit Operations, PTR Prentice-Hall, Inc, third edition, 1993.
47. Doğan, M., Kayacier, A., Rheological properties of reconstitued hot salep beverage, Int,J.Food Prop., 7, 3, 683-691, 2004.
48. Kuş, S., Altan, A. and Kaya, A., Rheological Behavior and Time-Dependent Characterization of Ice Cream Mix With Different Salep Content, Journal of Texture Studies, 36, 273-288, 2005.
49. Kurt, A., Süt ve Mamülleri Muayene ve Analiz Metotları Rehberi, 4. baskı, Atatürk Üni. Yayınları: 252/d Ziraat Fakültesi Yayınları, 18, 1990.

50. Yeşilsu, A. F., Dondurmanın Fiziksel, Kimyasal ve Duyusal Özellikleri Üzerine Bazı Pekmez Çeşitlerinin Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, OnDokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, 2006.
51. Cotrell, J.F.L., Pass, G. and Phillips, G.O., Assesment of Polysaccharides as Ice Cream Stabilizers, Journal of Food Science and Agricultural, 30, 1085-1089, 1979.
52. Anonymous, TS 4265 Dondurma Standardı, Türk Standartalrı Enstitüsü, TSE, Ankara, 13s., 1992.
53. SAS. SAS/STAT User's Guide(6.03); SAS Institute, Inc.: Cary, New York, 1988.
54. Dogan, M. and Kayacier, A. The Effect of Ageing at a Low Temperature on The Rheological Properties of Kahramanmaraş-Type Ice Cream Mıx, International Journal of Food Properties, 10, 19-24, 2007.
55. Şimsek, O., Tuncay, İ., ve Bilgin, B., Endüstriyel Dondurma Üretiminde Farklı Stabilizatör Kullanımının Dondurma Kalitesine Etkisi, Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 3 (1), 55-63, 2006.
56. Higiro,.J., Herald,T.J., Alavi, S., Bean, S., R. Rheological study of xanthan and locust bean gum interaction in dilute solution: Effect of salt., Food Research International, Volume 40, Issue 4, 435-447, 2007.
57. Kaçar, A., Şahan, N.,Yağ ikameleri kullanılarak hazırlanmış enerjisi azaltılmış dondurmaların kimyasal özellikleri,8, 7-13, 2004.
58. Dervisoglu, M. and Yazici, F., The Effect of Citrus Fibre on the Physical, Chemical and Sensory Properties of Ice Cream, Food Science and Technology International, 12(2), 159-164, 2006.

ÖZGEÇMİŞ

Adı: SALİH

Soyadı: KARASU

Doğum yeri, yılı: YOZGAT, 1982

İlk orta ve lise eğitimini Yozgat'ta tamamladıktan sonra 2003 yılında Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nü kazandı. 2007 yılında Gıda Mühendisi Ünvanı alarak bu bölümden mezun oldu ve aynı yıl Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümünde Yüksek Lisansa başladı.

İletişim Bilgileri:

Erciyes Üniversitesi

Mühendislik Fakültesi

Gıda Mühendisliği Bölümü

38039 Melikgazi/KAYSERİ

e-posta adresi: egelislh@hotmail.com

EKLER

Ek-1 Yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buz örneklerinin görünür viskozite değerleri

Kesme Hızı	S1	S2	S3
1,00	1,8393	0,3600	0,454
5,125	0,5745	0,1890	0,229
9,263	0,3893	0,1680	0,197
13,36	0,3033	0,1600	0,177
17,50	0,2515	0,1480	0,164
21,63	0,2181	0,1370	0,154
25,74	0,1930	0,1300	0,145
29,89	0,1743	0,1240	0,138
34,00	0,1600	0,1170	0,131
38,12	0,1485	0,1150	0,126
42,25	0,1385	0,1100	0,121
46,37	0,1308	0,1070	0,117
50,50	0,1235	0,1040	0,112
54,63	0,1175	0,1020	0,109
58,76	0,1126	0,0995	0,105
62,87	0,1073	0,0969	0,102
67,00	0,1034	0,0952	0,0996
71,13	0,0995	0,0931	0,0969
75,26	0,0963	0,0917	0,0945
79,38	0,0933	0,0900	0,0919
83,52	0,0905	0,0884	0,0905
87,63	0,0897	0,0869	0,0883
91,75	0,0856	0,0860	0,0867
95,87	0,0837	0,0846	0,0846
100	0,0815	0,0835	0,0835

Kesme Hızı	S4	S5	S6
1	3,264	0,343	1,091
5,125	0,979	0,195	0,4
9,263	0,651	0,167	0,289
13,36	0,514	0,153	0,233
17,5	0,439	0,142	0,199
21,63	0,385	0,136	0,178
25,74	0,347	0,13	0,161
29,89	0,32	0,125	0,15
34	0,297	0,121	0,141
38,12	0,281	0,119	0,134
42,25	0,265	0,116	0,128
46,37	0,248	0,113	0,122
50,5	0,238	0,11	0,118
54,63	0,226	0,108	0,113
58,76	0,22	0,106	0,11
62,87	0,21	0,104	0,107
67	0,199	0,101	0,103
71,13	0,195	0,09947	0,1
75,26	0,187	0,09792	0,09759
79,38	0,181	0,09586	0,09469
83,52	0,175	0,09401	0,09273
87,63	0,17	0,09311	0,09042
91,75	0,168	0,09145	0,08865
95,87	0,165	0,08984	0,08606
100	0,163	0,08876	0,08435

Kesme Hızı	Z1	Z2	Z3
1	1,843	0,346	0,442
5,125	0,576	0,183	0,228
9,263	0,396	0,154	0,187
13,36	0,316	0,15	0,167
17,5	0,269	0,138	0,153
21,63	0,235	0,135	0,14
25,74	0,209	0,128	0,133
29,89	0,191	0,122	0,124
34	0,175	0,118	0,118
38,12	0,162	0,115	0,112
42,25	0,152	0,111	0,108
46,37	0,144	0,108	0,104
50,5	0,136	0,105	0,09927
54,63	0,13	0,105	0,09666
58,76	0,123	0,101	0,0932
62,87	0,119	0,09759	0,09073
67	0,114	0,09586	0,08826
71,13	0,11	0,09435	0,08694
75,26	0,106	0,09287	0,08417
79,38	0,102	0,09261	0,08249
83,52	0,0987	0,08938	0,08046
87,63	0,0966	0,08851	0,07944
91,75	0,0936	0,08717	0,07816
95,87	0,09125	0,0861	0,07645
100	0,08932	0,08484	0,07533

Kesme Hızı	Z4	Z5	Z6
1	4,578	0,36	1,037
5,125	1,324	0,18	0,39
9,263	0,85	0,15	0,283
13,36	0,623	0,137	0,227
17,5	0,509	0,129	0,195
21,63	0,447	0,127	0,174
25,74	0,387	0,12	0,159
29,89	0,35	0,115	0,146
34	0,323	0,112	0,135
38,12	0,294	0,108	0,128
42,25	0,277	0,105	0,121
46,37	0,253	0,103	0,115
50,5	0,241	0,09999	0,11
54,63	0,227	0,09785	0,105
58,76	0,214	0,09608	0,101
62,87	0,205	0,09381	0,0983
67	0,196	0,0917	0,09483
71,13	0,191	0,08992	0,09201
75,26	0,184	0,0886	0,0891
79,38	0,174	0,08714	0,08679
83,52	0,167	0,08607	0,08501
87,63	0,157	0,08452	0,08253
91,75	0,151	0,08333	0,08141
95,87	0,146	0,08211	0,07956
100	0,142	0,08084	0,07826

Ek-2 Yenilebilir bitkisel yağlı örnekleri için sütlü buzlara ait K ve n değerleri

Örnek	K(Pa.s^n)	n	R
K	1,82	0,4094	0,9983
K	1,267	0,4021	0,9997
K	1,278	0,3986	0,9976
K	1,353	0,3934	0,9999
K	1,292	0,3961	0,9974
K	1,26	0,407	0,9979
S1	1,205	0,3692	0,9991
S1	1,44	0,3793	0,9997
S1	1,332	0,3912	0,9994
S1	1,622	0,3551	0,9996
S1	1,344	0,3798	0,9996
S1	1,359	0,3811	0,9995
S1	1,329	0,3771	0,9994
S2	0,2903	0,7127	0,9998
S2	0,2613	0,7396	0,9998
S2	0,2789	0,7191	0,9998
S2	0,2993	0,6951	0,9998
S2	0,2558	0,7166	0,9996
S2	0,287	0,7025	0,9996
S3	0,494	0,6411	0,9985
S3	0,532	0,6106	0,9992
S3	0,4624	0,6048	0,9993
S3	0,4806	0,605	0,9989
S3	0,5502	0,6009	0,9996
S3	0,5094	0,6218	0,9993
S4	2,14	0,4051	0,9967
S4	1,941	0,4193	0,9958
S4	2,206	0,318	0,9964
S4	2,427	0,3236	0,9934
S4	1,932	0,3587	0,9981
S4	2,265	0,3388	0,9983
S5	0,2676	0,7126	0,9998
S5	0,3262	0,6916	0,9998
S5	0,2413	0,7497	0,9999
S5	0,2776	0,7225	0,9996
S5	0,2624	0,7186	0,9998

Örnek	K(Pa.s^n)	n	r
S6	0,3155	0,6908	0,9998
S6	1,027	0,4502	0,9997
S6	0,8315	0,493	0,9999
S6	0,9295	0,4704	0,9998
S6	1,01	0,4708	0,9997
Z1	1,135	0,4456	0,9998
Z1	1,717	0,3681	0,9994
Z1	1,766	0,3504	0,9995
Z1	1,613	0,3781	0,9993
Z1	1,74	0,358	0,9996
Z1	1,612	0,3724	0,9994
Z2	1,94	0,3555	0,9999
Z2	0,3476	0,7069	0,9997
Z2	0,366	0,6908	0,9998
Z2	0,3583	0,6947	0,9996
Z2	0,3329	0,7059	0,9998
Z2	0,2999	0,7366	0,9997
Z3	0,3406	0,6989	0,9998
Z3	0,3592	0,6602	0,9999
Z3	0,2628	0,6908	9999
Z3	0,2494	0,7166	0,9986
Z3	0,3528	0,6455	0,9985
Z3	0,3685	0,6381	0,9999
Z4	0,2827	0,7012	0,9999
Z4	3,661	0,3075	0,9938
Z4	3,58	0,2363	0,9925
Z4	4,392	0,2582	0,9967
Z4	2,836	0,3118	0,9919
Z4	4,252	0,2378	0,9955
Z5	3,547	0,2397	0,9876
Z5	0,2776	0,725	0,9999
Z5	0,2314	0,7532	0,9997
Z5	0,2885	0,7043	0,9995
Z5	0,3019	0,7143	0,9998
Z5	0,2946	0,7098	0,9998
Z5	0,2594	0,7026	0,9999
Z6	0,7942	0,4663	0,9998
Z6	0,7632	0,4717	0,9997
Z6	0,8973	0,4668	0,9995
Z6	0,8825	0,4733	0,9996

Ek-3 Yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buz örneklerine ait fizikokimyasal değerler

Örnek	pH	% Asitlik
K	6,53	0,2
K	6,52	0,207
K	6,52	0,195
K	6,52	0,196
K	6,51	0,2
K	6,29	0,195
K	6,5	0,195
K	6,49	0,192
K	6,5	0,2
S1	6,54	0,207
S1	6,54	0,202
S1	6,54	0,21
S1	6,53	0,205
S1	6,53	0,203
S1	6,5	0,209
S1	6,51	0,192
S1	6,52	0,202
S1	6,52	0,21
S2	6,64	0,206
S2	6,62	0,199
S2	6,62	0,194
S2	6,62	0,186
S2	6,61	0,195
S2	6,58	0,198
S2	6,57	0,194
S2	6,57	0,198
S2	6,58	0,2
S3	6,6	0,197
S3	6,61	0,202
S3	6,57	0,2
S3	6,58	0,18
S3	6,57	0,183
S3	6,55	0,181
S3	6,54	0,198
S3	6,54	0,204
S3	6,53	0,2
S4	6,52	0,195

Örnek	pH	% Asitlik
S4	6,51	0,194
S4	6,5	0,2
S4	6,48	0,204
S4	6,51	0,203
S4	6,48	0,207
S5	6,62	0,182
S5	6,62	0,188
S5	6,63	0,184
S5	6,64	0,189
S5	6,64	0,185
S5	6,63	0,185
S5	6,63	0,181
S5	6,62	0,192
S5	6,63	0,189
S6	6,56	0,185
S6	6,54	0,182
S6	6,54	0,18
S6	6,53	0,186
S6	6,53	0,195
S6	6,56	0,18
S6	6,57	0,188
S6	6,57	0,192
S6	6,58	0,182
Z1	6,4	0,22
Z1	6,41	0,22
Z1	6,42	0,21
Z1	6,42	0,21
Z1	6,41	0,21
Z1	6,38	0,22
Z1	6,38	0,19
Z1	6,4	0,21
Z1	6,42	0,21
Z2	6,32	0,26
Z2	6,3	0,28
Z2	6,28	0,27
Z2	6,28	0,25
Z2	6,27	0,25
Z2	6,34	0,27
Z2	6,32	0,27
Z2	6,32	0,28

Örnek	pH	% Asitlik
Z3	6,44	0,206
Z3	6,41	0,22
Z3	6,44	0,2
Z3	6,41	0,215
Z3	6,4	0,225
Z3	6,42	0,22
Z3	6,45	0,228
Z3	6,44	0,218
Z3	6,44	0,21
Z4	6,54	0,207
Z4	6,55	0,194
Z4	6,57	0,182
Z4	6,57	0,2
Z4	6,55	0,207
Z4	6,54	0,19
Z4	6,54	0,18
Z4	6,53	0,207
Z4	6,54	0,196
Z5	6,41	0,23
Z5	6,41	0,24
Z5	6,4	0,23
Z5	6,39	0,22
Z5	6,39	0,24
Z5	6,39	0,23
Z5	6,39	0,23
Z5	6,37	0,25
Z5	6,38	0,26
Z6	6,32	0,24
Z6	6,31	0,25
Z6	6,3	0,25
Z6	6,3	0,26
Z6	6,29	0,27
Z6	6,27	0,25
z6	6,27	0,26
Z6	6,26	0,27
Z6	6,26	0,26

Örnek	*L*	*a*	*b*
S1	61,12	-4,94	-1,78
S1	61,09	-4,94	-1,8
S1	61,19	-4,95	-1,81
S1	61,07	-4,96	-1,82
S1	61	-4,96	-1,84
S1	59,01	-5,02	-2,16
S1	58,38	-5,03	-2,24
S1	58,24	-5,06	-2,27
S1	58,61	-5,07	-2,29
S1	58,56	-5,09	-2,31
S1	59,58	-4,62	-1,63
S1	59,12	-4,66	-1,74
S1	59,04	-4,67	-1,78
S1	59,21	-4,69	-1,79
S1	59,2	-4,7	-1,83
S2	56,75	-5,16	-2,82
S2	56,56	-5,2	-2,89
S2	56,53	-5,24	-2,94
S2	56,49	-5,26	-2,98
S2	56,12	-5,28	-3,02
S2	58,09	-5,19	-2,95
S2	57,87	-5,22	-2,99
S2	57,96	-5,23	-3
S2	57,67	-5,26	-3,03
S2	57,22	-5,26	-3,08
S2	58,42	-4,69	-2,18
S2	57,69	-4,79	-2,38
S2	57,28	-4,82	-2,24
S2	57,26	-4,85	-2,46
S2	56,94	-4,88	-2,52
S3	60,03	-5,36	-2,16
S3	59,63	-5,42	-2,29
S3	59,52	-5,43	-2,35
S3	58,99	-5,44	-2,44
S3	59,24	-5,45	-2,42
S3	58,77	-5,05	-2,97
S3	58,25	-5,11	-3,13
S3	58,2	-5,12	-3,16
S3	57,96	-5,13	-3,22
S3	57,79	-5,13	-3,23

Örnek	*L*	*a*	*b*
S3	59,28	-4,94	-2,27
S3	59,09	-4,96	-2,39
S3	59,08	-4,96	-2,34
S3	59,25	-4,97	-2,34
S3	59,01	-4,98	-2,39
S4	61,62	-3,47	0,66
S4	61,91	-3,45	0,66
S4	62,87	-3,48	0,75
S4	62,85	-3,47	0,73
S4	62,11	-3,47	0,64
S4	63,24	-3,48	0,78
S4	62,36	-3,48	0,66
S4	64,14	-3,56	0,61
S4	64,55	-3,54	0,64
S4	63,94	-3,56	0,54
S4	64,08	-3,56	0,57
S4	64,06	-3,54	0,53
S4	64,48	-3,53	0,59
S4	64,05	-3,55	0,53
S4	64,46	-3,53	0,58
S5	58,34	-4,62	-1,56
S5	57,76	-4,64	-1,62
S5	58,01	-4,65	-1,63
S5	57,51	-4,64	-1,62
S5	57,65	-4,66	-1,65
S5	59,52	-5,16	-2,14
S5	59,2	-5,19	-2,2
S5	59,4	-5,19	-2,2
S5	59	-5,2	-2,24
S5	59,29	-5,2	-2,13
S5	60,97	-4,44	-1,1
S5	60,4	-4,54	-1,29
S5	60,52	-4,6	-1,35
S5	60,32	-4,64	-1,43
S5	60,4	-4,67	-1,48
S6	60,51	-4,91	-1,84
S6	59,85	-4,96	-2,01
S6	60,09	-4,96	-2,01
S6	59,96	-4,97	-2,04
S6	60,03	-4,99	-2,05

Örnek	*L*	*a*	*b*
S6	60,22	-5,09	-1,87
S6	60,54	-5,11	-1,87
S6	60,33	-5,13	-1,93
S6	60,32	-5,13	-1,95
S6	59,88	-4,73	-1,88
S6	59,42	-4,75	-1,98
S6	59,22	-4,77	-2,05
S6	59,17	-4,77	-2,08
S6	59,28	-4,77	-2,12
Z1	59,85	-3,74	0,33
Z1	59,07	-3,73	0,27
Z1	61,21	-3,81	0,45
Z1	60,11	-3,78	0,3
Z1	59,25	-3,78	0,24
Z1	58,9	-4,23	0,02
Z1	58,91	-4,34	-0,27
Z1	58,63	-4,34	-0,36
Z1	58,61	-4,39	-0,44
Z1	58,9	-4,41	-0,49
Z1	62,23	-3,78	0,64
Z1	62,11	-3,79	0,5
Z1	62,12	-3,82	0,47
Z1	61,9	-3,81	0,44
Z1	61,75	-3,83	0,38
Z2	56,86	-4,68	-1,32
Z2	56,68	-4,69	-1,38
Z2	56,79	-4,73	-1,39
Z2	55,77	-4,69	-1,5
Z2	56,75	-4,77	-1,43
Z2	56,26	-4,4	-0,69
Z2	55,92	-4,43	-0,8
Z2	55,94	-4,46	-0,84
Z2	55,8	-4,49	-0,9
Z2	55,99	-4,52	-0,96
Z2	57,21	-3,76	-0,06
Z2	57,11	-3,81	-0,12
Z2	57,08	-3,86	-0,19
Z2	57,06	-3,9	-0,28
Z3	62,05	-3,88	0,69
Z3	62,51	-3,91	0,74

Örnek	*L*	*a*	*b*
Z3	62,45	-3,92	0,72
Z3	62,53	-3,94	0,74
Z3	58,75	-3,8	0,22
Z3	57,56	-3,75	0,17
Z3	57,33	-3,79	0,16
Z3	57,31	-3,77	0,15
Z3	57,61	-3,8	0,14
Z3	57,1	-3,73	0,63
Z3	56,5	-3,65	0,49
Z3	58,08	-3,76	0,53
Z3	57,39	-3,74	0,51
Z3	56,77	-3,7	0,48
Z4	62,91	-3,7	0,72
Z4	62,28	-3,7	0,63
Z4	62,8	-3,7	0,7
Z4	62,78	-3,7	0,68
Z4	62,74	-3,7	0,68
Z4	61,63	-3,38	0,92
Z4	61,21	-3,37	0,9
Z4	61,42	-3,37	0,91
Z4	61,67	-3,38	0,92
Z4	61,7	-3,37	0,93
Z4	60,24	-3,5	0,29
Z4	60,07	-3,48	0,29
Z4	60,27	-3,48	0,27
Z4	60,17	-3,48	0,29
Z4	60,16	-3,48	0,29
Z5	61,22	-4,33	0,3
Z5	59,84	-4,44	-0,16
Z5	60,64	-4,45	-0,03
Z5	60,85	-4,47	0,09
Z5	60,76	-4,48	0,08
Z5	60,45	-4,09	1,55
Z5	60,86	-4,12	1,55
Z5	61,44	-4,17	1,55
Z5	61,28	-4,17	1,49
Z5	61,04	-4,18	1,46
Z5	59,02	-4,18	0,42
Z5	58,5	-4,2	0,3
Z5	58,38	-4,21	0,26

Örnek	*L*	*a*	*b*
Z5	58,62	-4,3	0,24
Z6	57,51	-3,61	1,08
Z6	57,05	-3,61	1,04
Z6	57,7	-3,64	1,03
Z6	57,38	-3,64	1,01
Z6	57,68	-3,64	1,01
Z6	59,33	-3,86	0,7
Z6	59,3	-3,89	0,64
Z6	59,13	-3,94	0,58
Z6	59,12	-3,92	0,57
Z6	59	-3,93	0,58
Z6	56,23	-4,26	-0,3
Z6	56,66	-4,28	-0,35
Z6	56,21	-2,27	-0,37
Z6	56,18	-4,27	-0,41
Z6	56,34	-4,29	-0,4

Ek-4 Yenilebilir bitkisel yağlı sütlü buz örneklerine ait erime oranı, erime süresi ve hacim artışı değerleri

Örnek	Hacim artışı (%)	Erime Oranı (%)		Erime Süresi (dk)
		45 Dakika	60 Dakika	
K	90	64	91	65
K	87	62	93	64
K	92	66	89	66
K	88	-	-	-
S1	92	61	84	68
S1	93	61	86	67
S1	90	60	83	70
S1	92	-	-	-
S2	82	72	100	56
S2	85	72	100	55
S2	80	71	100	58
S2	80	-		-
S3	77	74	100	56
S3	78	73	100	55
S3	80	74	100	55
S3	76	-	-	-
S4	96	58	81	72
S4	100	60	82	73
S4	102	57	80	72
S4	95	-	-	-
S5	75	71	100	53
S5	74	70	100	54
S5	75	70	100	53
S5	77	-	-	-
S6	86	68	100	60
S6	90	66	100	62
S6	87	68	100	61
S6	83	-	-	-
Z1	88	73	97	62
Z1	90	71	98	64
Z1	87	72	95	61
Z1	88	-	-	-
Z2	76	69	100	54
Z2	75	70	100	55

Örnek	Hacim artışı (%)	Erime Oranı (%)		Erime Süresi (dk)
		45 Dakika	60 Dakika	
Z2	75	67	100	53
Z2	78	-	-	-
Z3	80	65	100	53
Z3	76	64	100	54
Z3	78	65	100	53
Z3	76	-	-	-
Z4	105	56	83	70
Z4	105	55	80	71
Z4	100	57	82	73
Z4	98	-	-	-
Z5	73	78	100	52
Z5	76	76	100	54
Z5	75	75	100	55
Z5	75	-	-	-
Z6	78	72	100	57
Z6	77	71	100	55
Z6	80	72	100	56
Z6	81	-	-	-