



T.C.  
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI HİDROKOLLOİDLERİN GIDALARDAKİ SU  
DAĞILIMINA VE REOLOJİK ÖZELLİKLERİNE  
ETKİLERİ**

**MERVE ŞAHİN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KAHRAMANMARAŞ 2019**

**T.C.**  
**KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI HİDROKOLLOİDLERİN GIDALARDAKİ SU**  
**DAĞILIMINA VE REOLOJİK ÖZELLİKLERİNE**  
**ETKİLERİ**

**MERVE ŞAHİN**

**Bu tez,**  
**Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında**  
**YÜKSEK LİSANS**  
**derecesi için hazırlanmıştır.**

**KAHRAMANMARAŞ 2019**

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Merve ŞAHİN tarafından hazırlanan “FARKLI HİDROKOLLOİDLERİN GIDALARDAKİ SU DAĞILIMINA VE REOLOJİK ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ” adlı bu tez, jürimiz tarafından 21 /10 / 2019 tarihinde oy birliği ile Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi A. Sinan ÇOLAKOĞLU (DANIŞMAN) .....

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Prof. Dr. Ferhan TÜMER (ÜYE) .....

Kimya Bölümü Anabilim Dalı

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Doç. Dr. Hakan ERİNÇ (ÜYE) .....

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylım.

Prof. Dr. Mustafa YAZICI .....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, alıntı yapılan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

.....  
Merve ŞAHİN

Bu çalışma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı (KSÜBAP) tarafından desteklenmiştir.

Proje No: 2017/7-161 YLS

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

**FARKLI HİDROKOLLOİDLERİN GIDALARDAKİ SU DAĞILIMINA VE  
REOLOJİK ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ  
(YÜKSEK LİSANS TEZİ)**

**MERVE ŞAHİN**

**ÖZET**

Sineresiz, diğer bir deyişle serum ayrılması, gıdalarda yaygın olarak görülen bir kalite kusurudur. Sineresiz oluşumunu engellemek için hidrokolloidler birçok gıdada su bağlayıcı özelliklerinden dolayı kullanılmaktadırlar. Bu çalışmada, UHT süte farklı hidrokolloidler (karboksimetil selüloz (CMC), guar gam, salep, sodyum aljinat, LBG ve ksantan gam 4 farklı konsantrasyonda (%0-1) eklenmiş, diferansiyel tarama kalorimetresi (DSC) ve termogravimetri (TGA) ile suyun fiziksel durumu ve Brookfield viskozimetre ile de reolojisi incelenmiştir. DSC sonuçlarına göre, oluşturulan model sisteme hidrokolloidlerin eklenmesi, donabilen suyun  $T_{Başlangıç}$  ve  $T_{Pik}$  sıcaklıklarını ve entalpi değerlerini önemli ölçüde düşürmüş, bitiş sıcaklığını ve donmamış su miktarını ise arttırmıştır. Hidrokolloid çeşidi ve konsantrasyonu bağlı olarak bu değişimlerin boyutu farklı olmuş; en yüksek donmamış su CMC'nin %1.00 konsantrasyonunda (%10.04), en düşük ise kontrol grubunda (%0.32) belirlenmiştir. TGA ölçümlerine göre, hidrokolloidlerin eklenmesi, kütle kaybı  $T_{Başlangıç}$ ,  $T_{Pik}$  ve  $T_{Bitiş}$  sıcaklıklarını önemli ölçüde artırmış, toplam kütle kaybını ise azaltmıştır (%2.20-6.25). Viskozite sonuçları, hidrokolloid çeşit ve konsantrasyona bağlı olarak değişiklik göstermiş olup, en düşük salep için %0.25 konsantrasyonda 51.00 cp, en yüksek ise CMC için %1.00 konsantrasyonda 8397.50 cp olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlar, hidrokolloid çeşidinin ve konsantrasyonunun, model sistemin, içerdiği suyun fiziksel durumu ve viskozitesi üzerine etkili olduğu ve sineresizi önlemede farklı etkiler gösterdiği belirlenmiştir. Hidrokolloidlerin içinde CMC'nin sineresizi önlemede diğer hidrokolloidlere göre daha fazla etkili olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Diferansiyel tarama kalorimetresi, Hidrokolloidler, Donmayan su, Sineresiz, Termogravimetrik analiz, Viskozite.

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ekim / 2019

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi A. Sinan ÇOLAKOĞLU

Sayfa sayısı : 57



# THE EFFECTS OF HYDROCOLLOIDS ON WATER DISTRIBUTION AND RHOLOGICAL CHARACTERISTICS IN FOODS

(M. Sc. THESIS)

MERVE ŞAHİN

## ABSTRACT

Syneresis, serum separation, is a common quality defect in food products. Due to the water-holding capacity, hydrocolloids are commonly added to food products to prevent syneresis. In this study, physical state of water and viscosity of milk-based model system were evaluated in the presence of different type (carboxymethyl cellulose (CMC), guar gum, salep, sodium alginate, locust bean gum (LGB), and xanthan gum at different concentration levels (%0-1) by differential scanning calorimetry (DSC), thermogravimetric analyzer (TGA) and Brookfield viscosimeter. The addition of hydrocolloids decreased the  $T_{Onset}$  and  $T_{Peak}$  temperatures, and enthalpy of freezable water, and increased the amount of unfrozen water and  $T_{End}$  temperature. The extent of changes depended on the type and concentration of hydrocolloids; the lowest and highest unfrozen water content were determined in the control (0.32%) and CMC at 1% (10.35%), respectively. TGA analysis of the samples indicated that, the hydrocolloid addition increased the  $T_{Onset}$ ,  $T_{Peak}$  and  $T_{End}$  temperatures and decreased the mass loss (2.20-6.25%). The viscosity changed with the type and concentration of hydrocolloids; the lowest value was found in salep at 0.25% (51.00 cp) and the highest in CMC at 1.00% (8397.50 cp). These results indicated that the composition and concentration of hydrocolloids affect the state of water and viscosity of the model system, and show variation to prevent syneresis. Among the hydrocolloids, on the other hand, CMC seems more effective to overcome syneresis.

**Keywords:** Differential scanning calorimetry, Hydrocolloids, Unfrozen water, Syneresis, Thermogravimetric analysis, Viscosity.

Kahramanmaras Sutcu Imam University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Food Engineering, October/ 2019

Supervisor : Assist. Prof. Dr. A. Sinan ÇOLAKOĞLU

Page Numbers: 57



## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, değerli bilgilerini benimle paylaşan, kendisine ne zaman danışsam bana kıymetli zamanını ayırıp sabırla ve büyük bir ilgiyle bana faydalı olabilmek için elinden gelenden fazlasını sunan, her sorun yaşadığımda yanına çekinmeden gidebildiğim, güler yüzünü ve samimiyetini benden esirgemeyen ve gelecekteki akademik hayatımda da bana verdiği değerli bilgilerden faydalanacağımı düşündüğüm danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi A. Sinan ÇOLAKOĞLU'na teşekkürü bir borç biliyor ve şükranlarımı sunuyorum.

Teşekkürlerin az kalacağı diğer üniversite hocalarımdan da bana 2 yıllık yüksek lisans hayatım boyunca kazandırdıkları her şey için ve beni akademik kariyerimde söz sahibi yapacak bilgilerle donattıkları için hepsine teker teker teşekkürlerimi sunuyorum.

Yine çalışmamda bana yardımda bulunarak yol gösteren kıymetli jüri üyelerim Prof. Dr. Ferhan TÜMER'e ve Doç. Dr. Hakan ERİNÇ'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak çalışmamda desteğini ve bana olan güvenini benden esirgemeyen, beni bu günlere sevgi ve saygı kelimelerinin anlamlarını bilecek şekilde yetiştirerek getiren ve benden hiçbir zaman desteğini esirgemeyen bu hayattaki en büyük şansım olan aileme sonsuz teşekkürler.

MERVE ŞAHİN  
KAHRAMANMARAŞ, 2019

# İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	iii
TEŞEKKÜR .....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	ix
1. GİRİŞ .....	1
2. KURAMSAL TEMELLER .....	3
2.1. Sineresiz .....	3
2.1.1. Sineresiz mekanizması ve sineresiz üzerine etkili faktörler.....	5
2.1.2. Sineresiz önleme yöntemleri .....	6
2.2. Hidrokolloidler .....	8
2.3. Hidrokolloidlerin Fonksiyonları.....	10
2.3.1. Jel Oluşturma .....	10
2.3.2. Su bağlama.....	14
2.3.3. Kıvam arttırma .....	14
2.3.4. Emülsiyon, süspansiyon ve köpük stabilitesi sağlama.....	15
2.3.5. Yenilebilir film, kaplama oluşturma .....	16
2.3.6. Yağ ikame maddesi oluşturma.....	17
2.4. Gıdalarda Kullanılan Başlıca Hidrokolloidler.....	18
2.4.1. Locust bean gam .....	18
2.4.2. Guar gam.....	20
2.4.3. Sodyum aljinat .....	21
2.4.4. Salep.....	23
2.4.5. Karragenan .....	24
2.4.6. Ksantan gam.....	25
2.4.7. Karboksimetil selüloz (CMC).....	26
3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....	29
4. MATERYAL .....	33
4.1. Materyal.....	33
4.2. Süt Bazlı Miks Üretimi.....	33
4.3. Diferansiyel Tarama Kalorimetrik Analizler (DSC).....	33
4.4. Donmayan Su Miktarının Belirlenmesi.....	34
4.5. Termogravimetrik Analiz (TGA) .....	34

4.6. Viskozite Tayini .....	34
4.7. İstatistiksel Analizler .....	35
5. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA .....	36
5.1. DSC T <sub>Başlangıç</sub> Sıcaklığı .....	36
5.2. DSC T <sub>Pik</sub> Sıcaklığı .....	37
5.3. DSC T <sub>Bitiş</sub> Sıcaklığı .....	38
5.4. Delta H ( $\Delta H$ ) .....	39
5.5. Donmayan Su .....	40
5.6. TGA T <sub>Başlangıç</sub> Sıcaklığı .....	41
5.7. TGA T <sub>Pik</sub> Sıcaklığı .....	43
5.8. TGA T <sub>Bitiş</sub> Sıcaklığı .....	44
5.9. TGA Kütle Kaybı .....	45
5.10. Viskozite .....	46
6. SONUÇ .....	48
KAYNAKLAR .....	50
ÖZGEÇMİŞ .....	56

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa

Çizelge 2.1. Hidrokolloidlerin fonksiyonları.....	11
Çizelge 2.2. Ticari açıdan önemli hidrokolloidlerin kaynağı .....	18
Çizelge 5.1. Hidrokolloidlerin DSC’de $T_{Başlangıç}$ sıcaklığı üzerine etkileri .....	36
Çizelge 5.2. Hidrokolloidlerin DSC’de $T_{Pik}$ sıcaklığı üzerine etkileri.....	37
Çizelge 5.3. Hidrokolloidlerin DSC $T_{Bitiş}$ sıcaklığına etkileri .....	38
Çizelge 5.4. Hidrokolloidlerin $\Delta H$ değerlerine etkileri .....	39
Çizelge 5.5. Hidrokolloidlerin donmayan su değerleri üzerine etkileri .....	41
Çizelge 5.6. TGA $T_{Başlangıç}$ sıcaklık değerleri üzerine etkileri .....	42
Çizelge 5.7. TGA $T_{Pik}$ sıcaklık değerleri üzerine etkileri .....	43
Çizelge 5.8. TGA $T_{Bitiş}$ sıcaklık değerleri üzerine etkileri .....	44
Çizelge 5.9. Hidrokolloidlerin TGA kütle kaybı değeri üzerine etkileri.....	45
Çizelge 5.10. Viskozite değerlerine ilişkin verilerin dağılımı.....	46

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. LBG'nin yapısı .....	20
Şekil 2.2. Guar gam'ın yapısı .....	21
Şekil 2.3. Sodyum aljinat'ın yapısı.....	22
Şekil 2.4. Salep'in yapısı .....	24
Şekil 2.5. Karregenat'ın yapısı .....	25
Şekil 2.6. Ksantan gam'ın yapısı .....	26
Şekil 2.7. CMC'nin yapısı .....	27
Şekil 4.1. %1 Konsantrasyonda CMC'nin DSC termogramı .....	33
Şekil 4.2. %1 Konsantrasyondaki CMC'nin TGA termogramı .....	34

## 1. GİRİŞ

Bitkisel yada hayvansal kaynaklardan elde edilen hidrokolloidler, gıda endüstrisinde geniş kullanım alanına sahiptir. Emülsiyon ve jel oluşturma, kıvam arttırma, yüksek su tutma, gıdaların donma ve çözünme özelliklerini iyileştirme, ısı şokuna karşı direnç kazandırma, tekstür geliştirme ve randıman artırma gibi fonksiyonel özelliklerinden dolayı kullanılmaktadırlar (Keeney, 1982).

Bir hidrokolloidin temel rolü, karışımdaki serbest suyu bağlayarak veya bir jel yapısı içinde hareketsiz hale getirerek azaltmaktır. Hidrokolloidler bu işlevler sayesinde gıdalarda tekstür ve diğer özelliklerin iyileştirilmesini sağlamaktadırlar. Ksantan gam, karboksimetil selüloz (CMC), pektin, guar gam, locust bean gam (LBG), karragenan, arap gamı, agar, nişasta, kitre gamı ve jelatin gibi hidrokolloidler gıda sanayiinde yaygın olarak kullanılmaktadırlar (Keeney, 1982; Demirci, 2006).

Hidrokolloidler, yukarıda belirtilen fonksiyonlarının yanında, kristalizasyonun önlenmesinde (şeker ve buz) ve aromatik bileşiklerin enkapsülasyonunda da kullanılmaktadır (Klose ve Glicksman, 1972). Hidrokolloidler polisakkarit yapıda olup, içerdikleri monosakkaritlerdeki, zincir yapılarındaki ve polimerleşme derecelerindeki farklılıklarından dolayı farklı özellikler gösterirler. Bu farklılıklar, polisakkaritlerin çözünürlük, akış davranışı, jelleşme potansiyeli, yüzey ve ara yüzey özelliklerini belirlemektedir (Fennema, 1996).

Gıda proteinlerinin çözünebilirlik, jel oluşturma kabiliyeti, emülsifikasyon ve köpük oluşturma özellikleri ile yüzey aktiflik derecesi polisakkaritlerle olan etkileşimlerine bağlıdır. İstenilen etkinin gözlenebilmesi için hidrokolloidlerin %2 ve daha az konsantrasyonlar da kullanımının yeterli olduğu bildirilmiştir. Birçok uygulamada hidrokolloidlerin fonksiyonelliği viskozite ile ilişkili olmaktadır. (Fennema, 1996; Izydorczyk ve ark., 2005).

Su içeriği yüksek olan sistemlerde hidrokolloidler tarafından oluşturulan jel yapıdan, zaman içerisinde dışarı su sızmaya başlar ve sineresiz adı verilen kalite kusuru meydana gelir. Jel ağının kararsızlığı ile ilgisi olan bu durum özellikle depolama aşamasında sütlü tatlılarda meydana gelmektedir. Bu olumsuz durum raf ömrünün ve tüketici beğenisinin azalmasına neden olmaktadır (Metin, 2005). Doğru hidrokolloidlerin, doğru konsantrasyonda kullanılması ile bu problemin çözülmesi bu çalışmanın temel hedefidir. Bu nedenden dolayı, projede bu kapsamda bir konu seçilmiş ve farklı hidrokolloidlerin,

konsantrasyonlarına bağlı olarak, süt bazlı model sistemde serbest su ve bağlı su miktarlarının ve dağlılımlarının belirlenmesi ve varsa farklılıklarının araştırılması amaçlanmıştır. Proje kapsamında, farklı hidrokolloidler (CMC, guar gam, salep, sodyum-aljinat, LBG ve ksantan gam) 4 farklı konsantrasyonda (%0.25, 0.50, 0.75, ve 1.00) UHT süte eklenerek suyun fiziksel durumuna etkileri diferansiyel tarama kalorimetresi (DSC) ve termogravimetrik analiz (TGA) ile ve viskozite üzerine etkileri Brookfield viskozimetresi ile incelenmiştir.

Elde edilen bulguların, sineresizi nleme potansiyeli yüksek olan hidrokolloid veya hidrokolloidlerin ve uygun konsantrasyonların belirlenmesine ve gıda endüstrisinde doğru kullanımlarına katkı sağlayacağı düşünülmüştür.



## 2. KURAMSAL TEMELLER

### 2.1. Sineresiz

Sineresiz, gıdaların su tutma kapasitesinin azalmasına ve kalitelerinin olumsuz etkilenmesine neden olan bir kalite kusuru olup, bir jelin ağ yapısının kararsızlığı ile ilgili fiziksel bir olay olup, o jelin su tutma kapasitesinin azalarak büzülmesine neden olur. Sineresiz; reçeller, jöleler, soslar, sütlü tatlılar, dondurulmuş gıdalar gibi birçok katı gıdanın içerdiği sıvıyı yapısından atması/kusması olarak tanımlanan istenmeyen bir olaydır. Su tutma kapasitesinin azalmasından kaynaklanan kalite kusurlarına örnek olarak; dondurulmuş gıdaların çözünmesi ile oluşan sıvı sızıntısı ve sütlü tatlılarda ve ketçaplarda faz ayrımı gibi olaylar verilebilir. Jeldeki sıvının tümü fiziksel olarak bağlıdır ve jel ağı hasar görürse veya jel yeniden yapısal düzenlemeye maruz kalırsa, sineresiz meydana gelebilir (Walstra, 1993).

Sineresiz, süt bazlı ürünlerin kalitesine etkili parametrelerin başında gelmektedir. Söz konusu parametre ısı uygulaması ile kolloidal stabilitesi bozulmuş olan süt proteinlerinin, özgül ağırlık farkı ve yerçekimi kuvvetinin etkisiyle, içinde buldukları serumun tabanına doğru batmaları olarak tanımlanmaktadır. Polimer jel içerisinde ozmotik basıncın değişimi ile birlikte, jel büzülerek suyu gözeneklerden atmaktadır. Jelin büzülme oranı, oluşan jelin boyutuna bağlıdır ve küçük gözenekler sıvının jelden dışarı akışına karşı direnç göstermektedir (Atamer ve ark., 1999).

Polimerlerin temel yapı taşları monomerlerdir. Monomerler, genellikle çiftli bağ yapabilen moleküllerdir ve bunlar uç uca eklenerek polimer zincirlerini oluştururlar. Polimer zincirini oluşturan monomerler sadece ikili bağ yapabiliyorsa bu polimer doğrusaldır, monomerler ikiden fazla bağ oluşturabiliyorsa dallanmış zincirdir. Dallanmış zincir oluşturan monomer derişimleri belirli bir değerden yukardaysa, dallanmış zincir yapıları birbiri ile karşılaşarak bağlanırlar ve jel yapıyı oluştururlar (Mizrahi, 2010).

Polimerik jellerin monomer ünitelerinin tamamının birbirine çapraz bağlayıcılar ile bağlı olduklarından dolayı, sonsuz molekül ağırlığına sahip tek bir moleküldürler. Çapraz bağlar, van der Waals, hidrojen bağları gibi zayıf kuvvetlerle oluşabileceği gibi güçlü kovalent ve iyonik bağlarla da oluşturulabilir. Sonuç olarak jellerin özellikleri, çapraz bağ sayısına bağlıdır. Jel yapısını etkileyen faktörler; polimer miktarı, çapraz bağlayıcıların polimer miktarına oranı ve sıcaklıktır. Jelleşme işleminin ilk aşamasında jel oluşum bölgeleri hem sayı hem ölçü bakımından küçüktür. Jel oluşumu için oluşan bölgelerin büyüklüğü ve

sayısı zamanla artar ve jel mukavemeti de artar. Bu bölgelerin daha fazla büyümesi, çökeltilerin oluşumuna ve suyun elimine edilmesine yol açabilir (Shibayama ve Tanaka, 1993; Fennema, 1996).

Polimer jellerin özellikleri jeli oluşturan polimer ağın yapısına ve çözücü ile etkileşimine bağlıdır. Jeller uygun çözücü sıvı içinde şişer ve jel hacminin yaklaşık olarak %90'ına kadar sıvıyı hapseder. Eğer çözücü sıvı su ise hidrojel adını alır. Polimerin hidrojel özelliği gösterebilmesi için ana zincirde ve yan zincirlerde hidrojen bağ oluşturabilecek karboksil, hidroksil, karbonil, amin ve amid gibi suyu seven grupların olması gerekmektedir. Bu grupların su molekülleri ile bağ yapması sonucunda çapraz bağlı polimerlerin hacim ve kütleleri artarak şişmeye başlarlar. Çapraz bağlı polimerlerin su seven gruplarının sayılarının fazla olması şişmenin daha fazla olmasına sebebiyet verir (Pereira ve ark., 2003).

Jeldeki polimer, ozmotik bir basınç uyguladığından, suyun jel içerisine girmesine ve polimerik ağın şişmesine ve gerilmesine neden olur. Bu nedenle, polimerik zincirler jeli eski durumuna getirmek için elastik bir reaksiyon oluşturur. Buda, ozmotik basınca karşılık gelen ağ basıncı olarak bilinen jel içindeki sıvı üzerine bir iç basınç uygular. Ağ basıncı ozmotik basınç ile eşdeğer olduğunda, jel su ile dengede olur ve artık şişmez. Bağlantı bölgelerindeki daha kısa bölümler nedeni ile jel şişmesinin derecesi genellikle daha yüksek çapraz bağlanma derecesi ile azalır. Bu nedenle, daha yüksek çapraz bağlantı yoğunluğuna sahip bir jel daha az şişer ve daha küçük bir hacimde dengeye ulaşır. Bu nedenle çapraz bağlama derecesi, jelin sıvı tutma kapasitesinin belirlenmesinde etkindir ve sineresizin başlatılmasında önemli bir rol oynar. Polimerik jeller, fiziksel jeller ve partiküllü jeller olmak üzere farklı jel tipleri oluşturur (Mizrahi, 2010).

Fiziksel jeller; zincirler arası van der waals kuvvetleri, hidrojen bağları, iyonik bağlar, koordinasyon bağları gibi zayıf kuvvetlerle çapraz bağlanma sonucu oluşur bağların zayıf olması nedeni ile zayıf jeller olarak adlandırılırlar. Yapılarında bulunan tek ve çift değerlikli katyonlara bağlı olarak fiziksel özellikler değişiklik gösterir (Almdal ve ark., 1993).

Gıda jellerinin çoğu hidrojen bağları, moleküller arası etkileşimler, hidrofobik etkileşimler ve iyonik bağların birbirlerine karışmalarının sonucunda oluşan fiziksel bağlantılara sahiptir. Bu jeller proteinler, polisakkaritler ve yarı-sentetik selüloz türevlerinden oluşmaktadır. Bu jellere örnek olarak, jelatin, nişasta, pektin, alglerden ve deniz yosunlarından elde edilen aljinat ve karragenanın oluşturmuş olduğu jeller örnek

olarak gösterilebilir. Karragenanın ve türlerinin oluşturduğu jeller sıcaklıkla dönüşebilirlerdir. Aljinat ise tam tersi sıcaklık ile geri dönüşümlü jel oluşturmazlar ve çift değerlikli katyon varlığında jel oluştururlar (Ross ve Murphy, 1991).

Partiküllü jeller; Yapı taşları, sistemin bütün hacmini kaplayan ve tutarlı bir katı elastik yapı oluşturmak için farklı tiplerde bağlarla çapraz bağlanan ayrı parçacıklardır. Sıvı, partiküllerin içindeki ve içindeki gözeneklerde bulunur. Peynir ve yoğurt gibi süt ürünleri, esas olarak kazein parçacıkları tarafından yapılan bir yapıya sahip bu jellerin güzel örnekleridir. Bu jellerdeki en önemli husus partiküllerin sistemin tüm hacmini kaplaması için şekil ve boyut analizi yapılması gerekir. Şekil ve boyut tüm hacminin yanı sıra gözeneklerin boyutları ve hacmini doldurmak için kaç tane parçacığın gerekli olduğunu belirler (Vliet ve ark., 1997).

### **2.1.1. Sineresiz mekanizması ve sineresiz üzerine etkili faktörler**

Sineresizin oluşması, parçacıkların boyutlarındaki ve/veya şeklindeki, molekül ağırlığı ve moleküller arası bağ değişimlerinden kaynaklanmaktadır. Sineresiz, jel büzülmesinin daha düşük bir hacimde kalması için bir itici güç gerektirir. Bu büzülmenin sıvının jelin dışına küçük gözeneklerin kanallarından akması için yeterince büyük bir iç basınç üretmesi gerekmektedir. Polimer molekülleri veya partiküller aralarındaki boşluklardan yer değiştirdiğinde, partikül sayısındaki bu azalış, o alandaki ozmotik basıncı düşürür. Jel içindeki sıvı ozmotik basınçtaki bu farkla birlikte itilir ve sineresiz gerçekleşmiş olur (Mizrahi, 2010).

Polimer zincirlerinde bulunan hidrofilik gruplar, su ile etkileşime girmektedirler ve hidrojen bağı oluşturmaktadırlar. Oluşan hidrojen bağları aracılığı ile jelin içine su girerek jelin şişmesi sağlanır. Sıcaklık arttığında ise tam tersi olay gerçekleşir ve hidrojen bağları zayıflar hidrofobik etki baskın olur ve sonuçta su molekülleri jelden dışarı çıkar ve jel büzülerek sineresiz meydana gelir (Shibayama ve Tanaka, 1993).

Polimerik jeller polimer zincirlerinden oluşan, birbirlerine çapraz bağlayıcı moleküller tarafından bağlanmış olan ağ yapılarıdır. Polimerik jeller dış etkiler sayesinde büzülüp, şişerek jelden sıvı sızıntısı gösterebilir. Sıvı sızıntısı, moleküllerin hem kendi aralarında hem de su molekülleri ile olan Van der Waals, hidrojen bağı ve hidrofobik etkileşimler sonucunda gerçekleşir. Sineresize etki eden unsurlar; Sıcaklık, çözelti bileşimi, çözelti pH'sı, jel ağ yapısıdır (Shibayama ve Tanaka, 1993).

Sineresiz ile ilgili ozmotik basınç ve polimerik jel matrisinin esnekliği gibi önemli faktörler etkin rol oynamaktadır. Ozmotik basınç suyun bir fazdan diğerine geçişi esnasında itici gücü değerlendirmek için kullanılan termodinamik miktarı ifade eder. Gıda biliminde genel olarak su aktivitesine eşdeğer olduğu bilinmektedir. İdeal seyreltik çözeltideki ozmotik basıncın çözeltideki moleküllerin veya partiküllerin sayısı ile doğrusal ilişkide olması beklenir. Bu durumda ozmotik basınç çözeltilerin buhar basıncı, kaynama ve donma noktalarındaki değişiklikler ile aynı şekilde ilişkilidir (Mizrahi, 2010).

Santrifüjleme gibi dış etken basıncı, jelin iç sıvısının basıncını daha da artırarak sineresisi indüklemektedir. Partikül jellerde, dış basınç, sıkışmış sıvının gözenekli yapının dışına itilmesine yardımcı olur. Su buharlarının jel tarafından aşırı iç basınç oluşturularak sineresisi indükleyen şekilde suyun emilmesi durumunu ortaya koymuşlardır. Bu yüksek basınç düşük moleküllü çözeltiler (tuz ve şeker) tarafından yüksek ozmotik basınç oluşturulması ile jelin içerisine su emilim durumu gerçekleşmektedir (Tesch ve ark., 1999).

Sıcaklık, sineresiz oluşumunu sağlamada önemli etkenlerden birisidir. Sıcaklık polimer ve partiküllerin birleşmesini, ayrışmasını hidrojen bağı ve hidrofobik etkileşim değişkenliğini ortaya koyarak etki unsuru yaratır. Faz geçiş olaylarında sıcaklık ana faktördür. Ozmotik basıncı, ağ basıncını ve jelin yapısını etkiler. Jel yapı oluşumu ve sonrasındaki süreçte önemli bir rol oynar. Jel yapı, ozmotik basınca ve ağ basıncına etki etmektedir (Mizrahi, 2010).

Çözelti pH'sının düşürülmesi ile birlikte, moleküller arası çekim kuvvetinin azaldığı, kazein moleküllerinin yüklerinin azaldığı, viskozitede artış olduğu ve sıvı tutma kapasitesinin arttığı bildirilmiştir. Düşük pH'da proteinlerin birbirini çeken kuvvetlerin azalmakta ve pozitif yüklü hale geldiklerini bildirmişlerdir. Kazein misellerinin birleşmeleri ve iç yapıları üzerinde pH etkisi olduğu ve pH yükseldikçe sıkı jel parçaları bulunduğu ve bunun düşük su tutma kapasitesi ve düşük viskoziteye sebep olduğunu tespit etmişlerdir (Schkoda ve ark., 1999).

### **2.1.2. Sineresiz önleme yöntemleri**

Süt ürünlerinde en kritik işlem basamaklarından birisi sütün toplam yağsız kuru madde içeriğinin artırılmasıdır. Kuru maddenin artırılma sebebi ise, son üründe istenilen duyuşal, fiziksel özelliklerin sağlanması ve akabinde yüksek düzeyde tüketici beğenisinin sağlanmasıdır. Süt ürünlerine ilave edilen su miktarı arttıkça, kuru madde düşmekte, buna bağılı olarak viskozitede düşüş yaşanmaktadır. Su ilavesi aynı zamanda sineresizi

artırmaktadır. Çünkü; Ürüne ilave edilen su, proteinlerin arasındaki mesafeyi artırmakta ve homojen formdaki madde miktarı azaltmaktadır (Özer, 2006; Özünlü ve ark., 2007).

Birçok araştırmacı sineresiz ve viskozite üzerine toplam kurumadde içeriği, protein içeriği (kazein ve serum proteinleri arasındaki oran), yağ içeriği, ısıtma işlemi ve serum proteinlerinin denatürasyonu, homojenizasyon, asitlik, ürünün depolama sıcaklığı, sütün tuz dengesi, starter kültürün aktivitesi gibi faktörlerin etkili olduğunu bildirmektedirler (Renner, 1991; Tayar ve ark., 1995).

Sineresiz süt endüstrisinde önemli bir sorun teşkil eder. Hidrokolloidlerin kullanılması ile bu problemin çözülmesi hedeflenmektedir. Hidrokolloidler süt ürünlerinde kıvam arttırmak ve serum suyunu azaltmak amacıyla kullanılmaktadır. Hidrokolloidlerin, yapısında negatif yüklü grupların yer alması veya bileşimlerinde bulunan tuzun kalsiyum iyonlarını bağlama gücü nedeniyle sütün bileşenleri ile kendi molekülleri arasında bir ağ oluşturabilirler. Süt bileşenleri ile hidrokolloid moleküllerinin negatif yüklü grupları arasında bir ağ yapısı oluştururlar. Protein moleküllerinin ağ şeklinde stabil hale gelmesiyle oluşan yapının ara boşluklarında daha fazla serbest su tutulmakta ve suyun hareketleri kısıtlanmaktadır dolayısıyla oluşan ağ yapısı kuvvetlenir ve sıkılaşır (Atamer ve ark., 1999).

Sineresizi önlemenin en önemli iki faktörü ozmotik basıncı artırmak ve ağ basıncını azaltmaktır. Jel içerisindeki ozmotik basıncı arttırmak adına;

- Jel polimer konsantrasyonunun artırılması,
- pH kontrol edilerek yüklü grup sayısının artırılması,
- Çapraz bağlanmanın azaltılması,
- Hidrofobik etkileşimin neden olduğu polimer birleşme derecesinin azaltılması, Bu, genel olarak yüzey aktif cisimleri veya amfifilik moleküller kullanılarak yapılabilir. Bu moleküller yüklü durumda olursa polimerlerdeki yüklü gruplar ozmotik basınç sağlarlar.

Parçacıklı jellerde sıvının dışarı akışının hızlı olması nedeniyle sineresiz daha hızlı gerçekleşebilir. Bu durumda sineresizin önlenmesi adına çapraz bağlanmanın azaltılması gerekmektedir. Çapraz bağlamayı önlemek adına;

- Polimer içeriğinin ve böylece parçacıkların hacminin artırılması,
- Sistemi stabilize eden parçalar arası etkileşimin güçlendirilmesi,
- Optimum parçacık şeklini ve hacmini elde etmek için kontrollü jel üretimi,
- Emülsiyon ve süspansiyon oluşumunu ve çapraz bağlanmayı engelleyen

dolgu maddelerin kullanılması,

- Ürünü mümkün olabildiğince optimum sıcaklıkta ve durumda tutabilmek gerekmektedir (Mizrahi, 2010).

## 2.2. Hidrokolloidler

Hidrokolloidler günümüzde çeşitli endüstriyel sektörlerde yaygın olarak kullanılan, kıvam arttırma, jel oluşturma, emülsiyon ve dispersiyon kararlılığı sağlama, buz ve şeker kristal oluşumunu engelleme, aromaların kontrollü salınımı gibi sağladığı faydalardan dolayı kullanılmaktadır. Özellikle gıda endüstrisinde, hidrokolloidlerin kullanımında son yıllarda büyük bir artış görülmüştür. Genellikle sadece %1'den az konsantrasyonlarda kullanılsalar bile, gıda ürünlerinin tekstürel ve duyuşsal özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptirler. Hidrokolloidler proteinlerle ağ yapı oluştururlar böylece jel kuvveti artar, yapı ve erime özellikleri iyileştirirler (Doğın ve ark., 1996).

Hidrokolloidler, hem viskoziteyi arttırır hem de sineresisi önlerler. Hidrokolloidler, suda disperse olduklarında kıvamlı dispersiyonlar veya jel oluşturan yapılarıyla karakterize edilen uzun zincirli polimerlerden (polisakkaritler ve proteinler) meydana gelmiş heterojen yapıya sahip maddelerdir. Çok sayıda hidroksil gruplarının bulunması, bu maddelerin su moleküllerine bağlanmasını arttırarak hidrofilik olmalarını sağlamaktadır. Bunların oluşturdukları dispersiyonlar, gerçek çözelti ve süspansiyon arasında, kolloid özelliği göstermektedir. Bu nedenlerden dolayı bu maddeler “hidrofilik kolloidler” veya “hidrokolloidler” olarak adlandırılmaktadır (Williams ve Philips, 2009).

Hidrokolloidler; suyu emerek şişen ve jel oluşturan bir protein veya polisakkarit gibi makromoleküler bir madde olarak tanımlanmaktadır. Gıda hidrokolloidleri, şeker veya mısır şurubu gibi karbonhidrat bileşenleriyle karşılaştırıldığında yüksek moleküler ağırlıklara sahiptir. Bir hidrokolloidin yapısı şeker içermektedir. Ağ yapı binlerce şeker birimi içerebilmektedir. Bu şeker birimleri genelde doğrusaldır, ancak dallı ağ yapılarda mevcuttur. Ağ yapı asit stabilitesi gibi özelliklerle ilgili bilgi verir. Hidrokolloidlerin kimyasal veya fiziksel yapıları değişkenlik gösterir; bazıları lineer yapıya sahiptir, bazıları dallı molekül yapısına sahiptir (Doublier ve ark., 2016).

Hidrokolloidlerin çoğunun özelliklerini belirleyen yan birimleri vardır (şeker birimleri veya karboksil grupları, sülfat grupları veya metil eter grubu). Su molekülleri şeker ünitelerinin hidroksil grubu etrafına yönelirler ve hidrokolloid molekülüyle birlikte hareket ederek hacminin artmasına ve şişmesine neden olur. Bazı hidrokolloid molekülleri

birbirleriyle çok az etkileşime girerek su katmanlarını takip ederler. Hidrokolloid molekülleri çeşitli bağları kullanarak birbiri ile etkileşime girer ve jel adı verilen üç boyutlu bir ağ oluştururlar (Hoefler, 2004).

Hidrokolloidler, hidrofilik makromoleküllerdir ve suyun emilimiyle şişerler. Gıda içinde suyu tutarak ağimsı bir yapı oluştururlar. Bazı durumlarda ise jelleşirler. Diğer bir deyişle viskoziteyi ve yapıyı değiştirirler. Yapısal özellikler ve tat gibi duyuşal özellikler, kullanılan hidrokolloid çeşidine, konsantrasyonuna, pH ve sıcaklık gibi özelliklere göre değişiklik gösterirler (Williams ve Philips, 2009).

Hidrokolloidler, polimer zincirlerinin hidrojen bağıyla fiziksel birleşmesi ile jel oluştururlar, hidrofobik birleşme ve çapraz bağlamaya aracılık eder ve normalde kovalent olarak çapraz bağlanmış polimer zincirlerinden oluşan polimer jellerinden farklıdır. Dolayısıyla, hidrokolloid jeller genellikle "fiziksel jeller" olarak adlandırılır. Hidrokolloidlerin yapılarında şeker bulunmaktadır. Bunlar; mannoz, galaktoz, glikoz, ksiloz ve arabinozdur. Bunlara ek olarak, yapılarında şeker alkolü, magnezyum, kalsiyum veya potasyum bulunabilir (Çakmakçı ve Çelik, 2007).

Zincir uzunluğu ve polimerizasyon derecesi bir hidrokolloidin viskozitesini ve hidrasyon oranını etkiler. Uzun moleküller daha yüksek viskozite demektir ve su molekülleri ile tepkime oluşturması kısa olandan daha uzun sürer. Oldukça fazla dallanmış bir molekül aynı ağırlıktaki düz, uzun olanından daha az yer kaplar, dolayısıyla daha az viskoziteye sahiptir. Daha uzun hidrokolloidlerin hareketi için çözelti içerisinde daha büyük bir hacim kaplaması gerekir, bu da komşu moleküller ile daha fazla çarpışmasını ve viskozitenin artışıını meydana getirir (Clark, 2000).

Hidrokolloidler yapılandırma ajanları olarak gıdaların dokusal (kıvam), besinsel ve işlevsel özelliklerine katkı sağlarlar. Hidrokolloidler-gıda bileşenleri interaksiyonları; hidrokolloidler-iyonlar (tuzlar, mineraller vb.), hidrokolloidler-küçük moleküller (renklendiriciler, çeşniler, gliserit yapan asitler, vitaminler, fitokimyasallar vb.) ve hidrokolloidler-polimerler (proteinler, polisakkaritler vb.) olarak üç ana kategori halinde ortaya konmaktadır (Hoefler, 2004).

H<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> ve I<sup>-</sup> gibi tek değerlikli iyonların hidrokolloidler ile spesifik ve spesifik olmayan interaksiyonlara girdikleri rapor edilmiştir. Bu iyonlar çözeltideki protein ve polisakkarit molekülleri sürekli olarak sarmakta, bir iyon tabakası oluşturmakta ve elektrostatik interaksiyonlar vasıtası veya hidratlaşma etkisi ile proteinlerin ve

polisakkaritlerin çözünürlüğüne, reolojik ve jelleşme özelliklerine etki etmektedirler. Renklendiriciler, tatlandırıcılar ve vitamin molekülleri ya da hidrofobiktir. Hidrokolloidler ile hidrojen bağı veya hidrofobik interaksiyonlar ile etkileşimde bulunurlar. Bu interaksiyonlar; gıdaların duyuşal, işlevsel ve besinsel özelliklerini önemli derecede değiştirirler. Hidrokolloid-polimer interaksiyonları büyük gıda molekülleri olan proteinler, polisakkaritler ve nişastalar arasındaki kovalent olmayan interaksiyonlara ilişkindir. Bunlar, gıda ürünlerinin en büyük yapılı ajanları olduklarından, gıdaların dokusunu, kararlılığını ve işlevselliklerini derinden etkilemektedirler (Hoefler, 2004).

### **2.3. Hidrokolloidlerin Fonksiyonları**

Hidrokolloidler gıda endüstrisinde; jelleştirici, kıvam arttırıcı, stabilize edici ve süspansiyon oluşturuıcı olarak geniş bir şekilde kullanılmaktadırlar (Çizelge 2.1). Yaygın kullanım nedenleri arasında kaliteyi iyileştirmeleri ve geliştirilen yeni teknolojilerin kullanılmasına izin vermeleri gibi fonksiyonlar sayılabilmektedir. Hidrokolloidlerin en önemli özellikleri arasında sulu çözeltileri ve süspansiyonları jelleştirme, kıvam artırma ve suyu kontrol edebilme, enkapsülasyon olanağı sağlama, köpük oluşturma ve stabilizasyonu sağlama, film oluşturma, yağ ikame maddesi olarak kullanılma, kristalizasyonu önleme gibi fonksiyonları yer almaktadır (Zorba, 2009).

#### **2.3.1. Jel Oluşturma**

Jel; Baskı altında deforme olan, baskıya belirli bir süre cevap verebilen bir yarı katıdır. Çoğu gıda ürününde, jel ağı polisakkaritten ve/veya protein moleküllerinden oluşur. Bağ kovalent ya da kovalent olmayabilir. Dolayısıyla bir jel, üç boyutlu bir polimer molekülleri ağından, polimer molekülleri demetlerinden veya partiküllerden oluşan bir ağı olarak da tanımlanabilir. Polimer moleküllerin kovalent olmayan etkileşimlerle birleştirildiği bölgeye birleşme bölgesi denir. Jeller, katıların özelliklerinden bazılarına ve sıvıların özelliklerinden bazılarına sahiptir. Bir jelin özellikleri ağı yapısının türü, sulu fazın türü ve iki faz arasındaki etkileşimle belirlenir (Clark, 2000).

Çözeltideki polisakkarit molekülleri veya polisakkarit molekülleri demetleri, uzunluklarının üzerinde (birleşme noktası ve üç boyutlu ağı) etkileşime girdiğinde, sıvı çözelti, şeklini bir dereceye kadar koruyan ve çözeltinin büyük bir hacmini tutan katı, süngerimsi bir yapıya dönüştürülür. Üç boyutlu ağı yapısı uygulanan baskıya karşı direnç sağlar ve elastik bir katı gibi davranmasına neden olur. Moleküllerin tamamen hareketli

olduğu sürekli sıvı faz, bir jeli sıradan bir katıdan daha az sert kılar ve ayrıca viskoz bir sıvı gibi davranmasına neden olur. Dolayısıyla, bir jel viskoelastik bir yarı katıdır, çünkü bir jelin baskıya tepkisi, kısmen karakteristik olan elastik bir katı ve kısmen de karakteristik viskoz bir sıvıdır. Dolayısıyla, jeller, elastik katıların davranışlarının bazılarını ve polimer çözeltilerinin bazı davranışlarını sergiler (Clark, 2000).

Yapısal olarak bir jel, bağlı moleküllerin veya partiküllerin üç boyutlu bir ağıdır. Sürekli olan üç boyutlu ağ jelin tüm hacmi boyunca polimer moleküller arasındaki çapraz bağlarla oluşturulur. Ağ sıvı fazı yakalar ve bir dereceye kadar esneklik ve sağlamlık sağlayarak jel oluşumunu sağlar. Gıdalarda jel oluşumu için protein ve polisakkaritler kullanılır. Gıdaların dokusu iki makromolekül arasındaki etkileşime bağlıdır. Tüm jeller, ana sıvıyı küçük gözeneklerde tutan üç boyutlu polimer ağlardır. Böylece jeller şeklini katı olarak korumuş olmaktadır. Polimer ağı, her bir polimer zincirinin birleşmesinden oluşmaktadır. Sineresizin önlenmesi ve jelin yeterli elastikiyete sahip olması için, her bir bileşen zincirinin birkaç monomerden oluşması ve her bir makromoleküler zincirin büyük bir kısmının bağımsız hareket etmesi sağlanmalıdır (BeMiller, 2007).

Çizelge 2.1. Hidrokolloidlerin fonksiyonları

<b>Fonksiyonlar</b>	<b>Ürünler</b>
Jel oluşturmak	Puding, tatlı, şekerleme, et ürünleri
Stabilizasyon oluşturmak	Salata süslemeleri, alkolsüz içecekler
Kıvamı arttırmak	Tart dolguları, soslar, et suları
Enkapsülasyon olanağı sağlamak	Püskürtülerek kurutulmuş aroma maddeleri
Film oluşturmak	Sosis mahfazaları, koruyucu katmanlar
Köpürtme sağlamak	Süslemeler, lokum benzeri şekerlemeler
Köpük stabilizasyonu sağlamak	Çırpılmış süslemeler, bira
Süspansiyon oluşturmak	Çikolatalı süt
Kaplama maddesi gibi davranmak	Şekerleme
Kristalizasyonu önlemek	Dondurma, şuruplar, dondurulmuş gıdalar

(Rapaille ve ark., 1992)

Jel oluşumu sırasında çapraz bağları oluşturan etkileşimler polimer molekül-polimer molekülü, partikül-partikül veya polimer molekülü-partikül arasında gerçekleşebilir. Jel

oluşumu üç boyutlu bir ağın oluşumunu içermektedir. Hidrokolloidler tarafından oluşturulan jelleşme, hidrojen bağlarıyla bir arada tutulan polimer moleküllerinin veya polimer molekül demetlerinin birleştirilmesini veya anyonik moleküllerin çok değerli katyonlarla (hemen hemen her zaman kalsiyum iyonları veya protein molekülleri) çapraz bağlanmasını içerir. Bu birleşmeler bağlantı bölgeleri olarak adlandırılır. Bağlantı bölgesi dışında uzanan moleküllerin veya molekül demetleri başka bir alandaki diğer molekül demetleri ile birleşme bölgeleri oluşturur ve suyu tutan üç boyutlu bir ağ yapısı oluşturur (Zorba, 2009).

Jelleşme işlemi, birleşme bölgeleri oluşturma işlemidir. Jeller genellikle doğrudan moleküller arası çarpışmalar ve çözünür polisakkarit zincirlerinin kısa bölümlerinin bağlanmasıyla üretilir. Oluşan birleşme yeri, öncelikle birleşme yerinin uzunluğunun bir işlevi olan kararlılığa sahip olacaktır. Yani, gelişen moleküller arası zayıf bağların sayısı (genellikle hidrojen bağları) gelişir. Birleşme bölgesinin genişlemesi, moleküllerin bitişik bölümlerinin hizalanmasına izin veren zincirlerin hareketi ile gerçekleştirilir. Böylece, birleşme bölgesi fermuar şeklinde büyüyebilir (Lee, 2002).

Parçaların daha fazla bağlanması, polisakkarit moleküllerinin çözülmesi için, mevcut su moleküllerinin sayısının sınırlandırılmasına yardımcı olur. Hidrasyonun azalması, tuzların, şekerlerin veya yüksek oranda hidratlanan diğer maddelerin ilavesiyle gerçekleştirilebilir ve böylece polisakkarit moleküllerini çözmek için mevcut su moleküllerinin sayısı sınırlandırılır. Birleşme bölgeleri gelişmesinin sonucunda, jelin tamamını kaplayan sistem üzerinden üç boyutlu bir ağ oluşur. Birleşme bölgesinde zincirlerin üst üste binme derecesi, jelin kuvvetini belirler, üst üste binmenin artmasıyla birlikte, moleküller arası bağlanma ve kuvvet artar (Clark, 2000).

Birleşme bölgesi uzunluklarındaki bir artış, üç boyutlu ağ küçülmesine neden olur. Bazı jellerde bu, sıvının jelden çıkması ve sineresiz adı verilen bir işlem olan jel yüzeyinde birikmesiyle sonuçlanır. Sineresiz genellikle donma-çözünme döngüleri ile hızlanır, çünkü sulu fazdaki buz kristali büyümesi, polimer zincirlerini toplar ve birleşmeleri teşvik eder. Suyu birbirine bağlayan hidrokolloidin eklenmesi, sıklıkla, sineresizi önlemek için etkili bir yoldur.

Jeller, eğer birleşme bölgesi oluşumu oldukça kısa zincirli bölümlerle sınırlıysa, çözünür polisakkaritler tarafından üretilir, çünkü bir jel, çözelti içerisinde bulunan polimer zinciri veya polimer demeti bölümlerini ve bunların bağlantılı, kristalimsi, katı fazda bulunan kısa bölümleri içerir. Bağlantılar uzunsa, çözülmezlik (yani jel oluşumu yerine çökeltme) ile

sonuçlanır. Bu nedenle jel oluşumunun gerçekleşmesi için, polisakkarit zincir yapısında, ilişkilerin boyutunu sınırlayan kesintiler olmalıdır (Williams ve Philips, 2009).

Polisakkaritler içeren sistemlerdeki birleşme bölgesi oluşumunda yer alan moleküller arası kuvvetler, hidrojen bağları, van der Waals kuvvetleri (hidrofobik etkileşimler) veya di, tri veya çok değerlikli katyon içeren iyonik çapraz köprüler olabilir. Sulu fazın yapısı, birleşme bölgesinin yapısını etkiler. Hidrojen bağları, hidrofobik etkileşimler ve bağlantı bölgelerinde yer alan iyonik etkileşimler, hem hidrojen bağı vericisi hem de hidrojen bağı alıcısı olan su moleküllerinin yapısına bağlıdır. Çözeltiler suyun özelliklerini değiştirir. Örneğin şeker, birleşme bölgelerinin boyutunu ve sayısını artırabilir ve suyu daha zayıf bir çözücü yaparak ve polimer-polimer moleküller arası etkileşimleri artırarak bir jelin oluşum ve erime sıcaklıklarını yükseltebilir (Whistler ve BeMiller, 1977).

Jelleşme aşamasında polimer zincirlerinin birleşmesi sonucunda sıvı fazın hareketsiz hale getirildiği üç boyutlu ağ oluşturulmakta ve dış gerilime karşı dayanıklı bir yapı oluşturulmaktadır. Birçok gıda ürünüde jel ağı, hidrojen bağları, van der Waals kuvvetleri, iyonik köprüler, kovalent kuvvetler veya birbirine karışmış zincirler ile bağlanmış polimerlerden oluşan polimer molekülleri (polisakkarit veya protein) düşük molekülü maddeler veya kısa zincirli polimerlerin sulu çözeltisinden oluşur. Polisakkarit jelleri genellikle %1 polimerden oluşur ve %99 oranında su tutabilir ve düşük konsantrasyonda sıkı jel ve stabil yapı elde edilebilir (BeMiller, 2007).

Hidrokolloidlerin jelleşmesi, polimer-polimer, polimer-çözücü, polimer-elektrolit iyonlarına (örneğin, Ca, K, Mg) etkileşimlerine bağlıdır ve çoğu durumda, çözelti içinde askıya alınan rastgele sarılmış zincirlerden çift sarmalların oluşturulmasına dayanır. Jelleşme termal (agar), kimyasal veya termo-kimyasal faktörler (karragenanlar, yüksek metil pektinler) etkisi altında ilerleyebilir (Klose ve Glicksman, 1972).

Ksantan-guar karışımları, LBG'in (<%0.03) düşük konsantrasyonda kullanımı viskozitede sinerjistik bir artış sağlar. LBG'in daha yüksek konsantrasyonlarda kullanımı ile yumuşak ve elastik jeller oluşur. Ksantan gam-LBG jeli termal olarak tersine çevrilebilir ve ksantan-guar karışımlarının dispersiyonları oda sıcaklığında jelleştirilebilirken 55 ile 60°C arasında erir. Ksantan ve Locust bean gam karışımlarının 90-95°C'ye ısıtılması gerekir. Ksantan gam'ın galaktomannan ile etkileşimi, karışım oranına, pH ve iyonik ortama bağlıdır. Optimum gam oranları guar gam için 80:20 ksantan gam ve Locust bean gam için 50:50'dir (Sworn, 2000).

Belirli bir gıda ürününde kullanılacak belirli bir hidrokolloidin seçimi jelleştirme maddesinin özelliklerine bağlıdır. Örneğin, aljinat, önceden ısıtılmadan jeller oluşturabilir, çünkü sodyum aljinat soğuk suda çözünürdür ve bu soğuk şekillendirilmiş jeller ısıya karşı dayanıklıdır. Bu, aljinatı, yeniden yapılandırılmış gıdalar ve fırında pişirilebilir soğuk hazırlanmış hazır fırın kreması için tercih edilen bir jelleştirici madde olmasını sağlar. Jel oluşturucu ajanlar olarak aljinatlar, yeniden yapılandırılmış meyve ve sebzelerde, yeniden yapılandırılmış balık ve ette, pudinglerde ve tatlılarda, soğuk hazırlanmış pasta kremalarında meyve preparatlarında ve pasta marmelatlarında uygulamaları mevcuttur (Onsoyen, 1992).

### **2.3.2. Su bağlama**

Bağlı su, uygun bir sıcaklıkta ve düşük bağıl nemde bir numunenin denge su muhtevasıdır. Çözünen maddelerin ve diğer sulu olmayan maddelerin yakınında bulunan ve aynı sistemdeki “serbest” sudan önemli ölçüde farklı özelliklere sahip olan sudur. Bağlanan su, hareketsiz olarak değil, serbest suya kıyasla “engellenmiş hareketliliğe” sahip olduğu düşünülmelidir. Genellikle  $-40^{\circ}\text{C}$  veya daha düşük sıcaklıklarda bile donmamaktadır. Tipik bir yüksek su muhteviyatında, bu tip su, mevcut toplam suyun sadece bir bölümünü, yaklaşık olarak hidrofilik gruplara bitişik olan ilk su molekülü tabakasını içermektedir (Fennema, 1996).

Çözünürlük, suda ve sulu çözeltilerde dağılmış veya kolloidal sistemler oluşturma kabiliyeti anlamına gelir. Yüksek molekülü bileşiklerin (polimerler) çözeltileri, homojen sistemler olan moleküler kolloidler oluşturma yeteneğine sahiptir. Çözünürlük, hidrokolloid moleküllerin büyüklüğüne, spesifik konfigürasyonuna ve elektrik yüküne bağlıdır. Bu tür hidrokolloidler, örneğin: guar gam, LBG, yüksek su bağlama kapasitesine ve yüksek sulu çözeltiler viskozitesine sahip olan ksantan gam, oldukça çözünürdür, hızlı bir şekilde şişer, arap gamı, CMC soğuk suda kolayca çözünür (Fennema, 1996).

### **2.3.3. Kıvam artırma**

Hidrokolloidler birçok gıdada kıvam artırma için sıklıkla kullanılırlar. Kıvam artırma süreci, konformasyonel olarak düzensiz polimer zincirlerin spesifik olmayan dolaşmalarını içerir; bu esasen bir polimer-çözücü etkileşimidir. Kritik bir konsantrasyonun üzerinde gerçekleşir.

Bunun altında, polimer dispersiyonları Newton davranışını gösterir, ancak bu konsantrasyonun üzerinde Newton olmayan akış davranışları gösterir (Morris,1986).

Gıdalarda hidrokolloidlerin kullanılmasının arkasındaki en önemli sebeplerden

birde gıda sisteminin reolojisini değiştirmeleridir. Kıvam arttırma işlemi düzensiz polimer zincirlerinin bağlanması ile gerçekleşir. Hidrokolloidler tarafından oluşturulan kıvam arttırma etkisi hidrokolloidin türüne, konsantrasyonuna, kullanıldığı gıda sistemine ve ayrıca gıda sisteminin pH'sına ve sıcaklığına bağlıdır. Seyreltik dispersiyonlarda her bir hidrokolloid molekülü serbestçe hareket eder ve kıvam artışı göstermezler. Konsantre sistemlerde bu moleküller birbirleri ile temas etmeye başlar ve böylece moleküllerin hareketi kısıtlanır. Kıvam arttırma prosesi serbest hareketli bir molekülün karışmış bir ağa hareketini içerir (Williams ve Philips, 2009).

Polimer çözeltilerinin viskozitesi, polimer moleküllerin kütesinden önemli ölçüde etkilenir. Moleküler kütle etkilerine ek olarak, çözelti içindeki polimer moleküllerinin boyutu moleküler yapıdan önemli ölçüde etkilenir. Doğrusal moleküller, yüksek derecede dallanmış moleküllere göre daha büyük bir hidrodinamik boyuta sahiptir, aynı kütledeki daha büyük boyuta sahip olan moleküller (doğrusal) çok daha yüksek viskozite sağlarlar (Şahin ve Özdemir, 2004).

Hidrokolloidler, süt ürünlerinde (yoğurt vb.) sinerisi önlemek, kıvam arttırmak, jel stabilitesi sağlamak amacıyla kullanılmaktadırlar. Bu amaçla çok farklı stabilizatörlerden yararlanılmaktadır. Hidrokolloidlerin kıvam, viskozite gibi karakteristik özellikler üzerine olan etkileri arasında belirgin farklılıklar mevcuttur. Hidrokolloidler süt bileşenleri ve kendi molekülleri arasında ağ yapısı oluştururlar. Buna sebep olan şey hidrokolloidlerin kalsiyum iyonlarını yapılarında bulunan tuz sayesinde bağlamalarıdır. Yani stabilizatör moleküllerinin süt bileşenleriyle ağ yapısı oluşturması veya ağ yapısına dahil olması bunların stabilize edici işlevlerini karakterize etmektedir (Sezgin ve ark., 1989).

Çeşitli gıda sistemlerinde kıvam arttırıcı ajan olarak kullanılan hidrokolloidler arasında nişasta, modifiye nişasta, ksantan gam, guar gam ve LBG, akasya gam, karaya gam, tragacanth gam ve CMC gibi galaktomannanlar bulunur. Hidrokolloidlerin yarattığı kıvam arttırma etkisi, kullanılan hidrokolloidlerin türüne, konsantrasyonuna, kullanıldığı gıda sistemine ve ayrıca gıda sisteminin pH'sına ve sıcaklığına bağlıdır (Sezgin ve ark., 1989).

#### **2.3.4. Emülsiyon, süspansiyon ve köpük stabilitesi sağlama**

Hidrokolloidler suda çözünerek veya şişerek kolloidal yapıda viskoz çözeltiler ve psödoplastik tipte akış özellikleri gösteren dispersiyonlar oluşturmaktadırlar. Hidrokolloidlerin bu davranışları süspansiyonların ve emülsiyonların stabilizasyonu, kıvam arttırma, su tutma ve bağlama gibi fonksiyonel özelliklerini oluşturur. Hidrokolloidlerin bazı

özel fonksiyonları arasında, tekstürün iyileştirilmesi ve stabilizasyonu, kristalleşmenin engellenmesi (şeker ve buz), emülsiyonların ve köpüklerin stabilizasyonu yer alır (Kimura ve ark., 1973).

Hidrokolloidlerin emülsiyon stabilitesi sağlanması ile birlikte katı parçacıkların çökmesinin gecikmesi, yağ damlacığı ve köpüklerin kaymaklanma oranlarında azalma, dağıntık partiküllerin kümeleşmesinin önlenmesi, Yağ içeren jelleşmiş sistemlerde sineresizin önlenmesi ve yağ damlacıklarının birleşmesinin gecikmesi gerçekleştirilmiş olur. Galaktomananların yapısı, herhangi bir önemli hidrofobik grup içermediğinden dolayı, genellikle bu tür hidrokolloidin, dağılmış parçacıklar veya damlacıklar arasındaki sulu fazın reolojik özelliklerini değiştirmektedir. Bu hidrokolloidler, damlacıkların çevresinde sıvı kristalimsi tabakalar oluşturarak emülsiyonları stabilize etmektedir (Güven ve ark., 2010).

Birçok hidrokolloid, gıdalarda emülsiyon stabilitesi sağlama, süspansiyon ve köpük stabilitesi sağlama, kıvam artırma gibi tekstürel, yapısal, fonksiyonel özelliklerinden dolayı kullanılmaktadırlar. Bu hidrokolloidlerden bazı gam sınıfları, istenen özelliklere ulaşmak için kimyasal olarak modifiye edilmiş olsa da doğal kaynaklardan elde edilir. Arap gamı, guar gam, CMC, karragenan, agar, nişasta ve pektin gibi hidrokolloidler polisakkarittir. Hidrokolloidlerin genel özellikleri, suda önemli çözünürlük, viskoziteyi artırma kapasitesi ve bazı durumlarda jel oluşturma yeteneği içerir. (Kimura ve ark., 1973).

### **2.3.5. Yenilebilir film, kaplama oluşturma**

Yenilebilir bir film, tüketilebilen, bir yiyecek üzerine kaplanabilen veya yiyecek ile ortam arasına engel olarak yerleştirilebilen ince bir katman olarak tanımlanır. Yenilebilir film ve kaplamalar; Gıdanın yüzey kısmında ince tabaka halinde oluşturulan, gıda ile birlikte tüketilebilen malzemelerdir. Yenilebilir ambalajların en bilinen örneği, sosisin dış kılıfının çıkarılmadan tüketilebilmesidir. Hidrokolloidler, gıda yüzeylerinde ve gıda bileşenleri arasında yenilebilir filmler üretmek için kullanılır. Bu tür filmler nem, gaz, aroma ve lipit geçişinin inhibitörleri olarak görev yapar (Kılınççeker ve Küçüköner, 2005).

Kaplama için birçok hidrokolloid kullanılmıştır. Sodyum aljinat, karragenan, selüloz ve türevleri, pektin, nişasta ve türevleri kullanılabilir. Bu hidrokolloidler hidrofilik olduklarından, ürettikleri kaplamalar doğada sınırlı nem bariyeri özelliklerine sahiptir. Hidrokolloid yenilebilir filmler, bileşenlerinin doğası dikkate alınarak sınıflandırılır. Bunlardan en önemlileri molekül ağırlığı yüksek ve suda çözünen hidrokolloid olarak adlandırılan polisakkaritlerdir. Yapıları hidrofilik olduğundan dolayı oluşturulan filmlerde

nem tutma yüzeyde gerçekleşmektedir. Hidrokolloidler tarafından oluşturulan kaplama ve filmler oksijen transferini azaltır, lipit ve diğer gıda bileşenlerinin oksidasyonuna karşı etkili koruma sağlar, yapısal kararlılık sağlar (Albert ve ark., 2012).

Hidrokolloidlerden kaplama materyali olarak en çok kullanılanlar; aljinatlar, karragenan, selüloz ve türevleridir. Kırmızı deniz yosunundan (*Rhodophyceae*) ekstrakte edilen karragenanlar, polisakkaritlerin birleşimi olup film ve kaplama ajanı olarak tavuk ve balık ürünlerinde kullanılırlar ve ürünlerin raf ömrü ve kalitesini artırır. Kaplama maddesi olarak kullanılan aljinatlar, nem kaybını önlemek, lipit oksidasyonunu önlemek, meyve ve sebzelerde kararmayı önlemek amacıyla kullanılmaktadırlar. CMC ise et ve tavuk ürünlerinde kalama olarak kullanılır ve pişirme esnasındaki besin kaybını azaltırlar, meyve sebzelerde oksijen geçini önleyerek bariyer görevi yaparlar (Skurtys ve ark., 2010).

### **2.3.6. Yağ ikame maddesi oluşturma**

Modern yaşam tarzındaki değişimler, beslenme ve sağlık ve yeni işleme teknolojileri arasındaki bağlantının artan farkındalığı, yüksek lifli ve az yağlı gıda ürünlerinin geliştirilmesinde hızlı bir yükselişe neden olmuştur. Yağ ikame maddeleri gıdaların kalorilerini düşürmek için kullanılır. Yağ ikame edilirken gıda maddelerinden yağda uzaklaştırılmış olmaktadır. Yağın gıda sistemlerinden uzaklaştırılabilmesi için suyun kontrol altına alınması gerekmektedir (Kılınççeker ve Küçüköner, 2005).

Yağ ikame maddeleri içerisinde hidrokolloidler yer almaktadır. Bu maddeler gıdalara ilave edildiğinde kıvam arttırarak ve hacim artışı sağlayarak ağızda yağ benzeri tat hissiyatı yaratmaktadır. Hidrokolloidlerin yapısında uzun zincirli ve yüksek molekül ağırlıklı polimer maddeler bulunurlar. Hidrokolloidler eklendiği gıdaya hemen hemen hiç kalori vermemekte, kıvam artışı sağlamakta ve jel oluşturarak kremi yapı oluşturmaktadır. Özellikle, gıdada yağ ikame maddeleri olarak kullanılmak üzere çok sayıda hidrokolloid madde bulunmaktadır. Örnek olarak mayonezde yağ ikame maddesi olarak guar gam ve ksantan gam kullanılmaktadır (Williams ve Philips, 2009).

Nişasta, suda çözündüğü zaman kararlı, ısıyla ters çevrilebilir jeller oluşturan yağ ikame maddesidir. Tipik olarak %25-30 katı, yani sudaki nişasta, yağ ikamesi için optimum bir stabil yapı oluşturur. Hidrokolloidler gibi fonksiyonel bileşenlerin etkilerini genellikle nişasta ile birlikte maksimize etmek, %100 yağ azaltmanın elde edilebileceği anlamına gelebilir (Williams ve Philips, 2009).

## 2.4. Gıdalarda Kullanılan Başlıca Hidrokolloidler

Hidrokolloidler kimyasal ve doğal yollarla elde edilen iki gruba ayrılmaktadırlar (Çizelge 2.2.). Modifiye edilmiş hidrokolloidler nişasta, selüloz gibi doğal maddelerin kimyasal türevleri ve doğal maddelerden mikrobiyel fermantasyon ile türevlendirilir. Hidrokolloidler hayvansal ve bitkisel kaynaklardan elde edilmektedirler. Farklı bitki çeşitlerinden, yosunlardan ve hayvanlarda bulunan kollajen dokudan elde edilirler (Klose ve Glicksman, 1972; Gürsel, 2001; Köksel, 2005).

Çizelge 2.2. Ticari açıdan önemli hidrokolloidlerin kaynağı

<b>Doğal Hidrokolloidler</b>	<b>Modifiye Hidrokolloidler (Yarı-Sentetik)</b>
<b><i>Ağaç Sızıntıları ve Ekstraktları</i></b>	<b><i>Selüloz Türevleri</i></b>
Gam arabik	CMC
Tragakant gamı	Metil selüloz
Karaya gamı	Hidroksipropilmetil selüloz
	Hidroksipropil selüloz
<b><i>Çekirdek veya Kökler</i></b>	Metil etil selüloz
Locust bean gam	Mikrokristal selüloz
Guar gam	
Salep	<b><i>Nişasta Türevleri</i></b>
	Modifiye nişastalar
<b><i>Deniz Yosunu Ekstraktları</i></b>	<b><i>Mikrobiyal Fermantasyon Gamları</i></b>
Agar	Ksantan gam
Aljinatlar	Gellan gam
Karragenan	Dekstran

(Klose ve Glicksman, 1972)

### 2.4.1. Locust bean gam

Keçiboynuzu gamı olarakta bilinen Locust bean gam (LBG), keçiboynuzu çekirdeğinin (*Ceratonia siliqua*) endosperminden üretilir. Yüksek molekül ağırlığına sahip, galaktomannan olarak tanımlanırlar ve molekül ağırlıkları yüksektir. Protein ve selüloz içerdiğinden dolayı opak ve bulanıktır. 1:4 oranında D-mannoz ve D-galaktoz birimlerini içerirler (Demirtaş, 2007) (Şekil 2.1).

Kimyasal olarak galaktomannan olarak tanımlanabilen, glukozidik bağlarla galaktopiranoz ve mannopiranoz birimlerini içeren şekilde polisakkaritlerden oluşur. Yapı;

$\beta$  (1-4) glukozidik bağlarla bağlanmış D-mannoz ana zincirine her 4. veya 5. üniteye 1-6 glukozidik bağ ile D-galaktoz bağlanmış yan zincir içermektedir. %78-85 oranında galaktomannan içerir. Molekül ağırlığı  $3.1 \times 10^5$  g/mol'dür. LBG gibi galaktomannan içeren hidrokolloidlerin fiziko-kimyasal özellikleri genellikle içerdikleri galaktoz miktarına bağlıdır. Uzun galaktoz yan zincirleri diğer moleküller ile daha kuvvetli etkileşime neden olmakta ve yapıyı güçlendirmektedir (Ahraz, 2003).

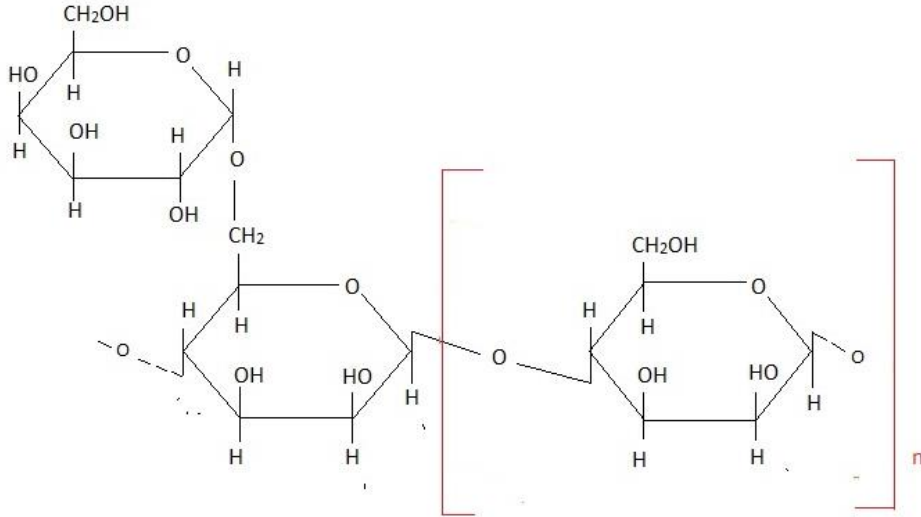
Guar gamın yapısına göre daha az sayıda D-galaktoz yan zinciri taşımaktadır. LBG'in guar gam ile yapı benzerliği vardır. Fakat LBG'in su tutma özelliği daha iyidir ve guar gama göre suda belirli bir kısmı çözünmektedir. Bununla birlikte, önemli özellik farklılıklarına sahiptir. Çoğu hidrokolloid daha hızlı su ile tepkimeye girer ve eğer oda sıcaklığındaki su içindeki dispersiyonları ısıtılır, sonra soğutulursa daha viskoz solüsyonlar üretir; fakat LBG, oda sıcaklığında suda sadece hafifçe çözünür (Güven ve ark., 2010).

Yapısında  $\beta$ -(1-4) mannoz bulunduğu için oda sıcaklığında bulunan suda çözünme düzeyi sınırlıdır.  $85^\circ\text{C}$ 'de yüksek çözünürlük sağlar. (Kök ve ark., 1999; Güven ve ark., 2003; Köksel 2005). LBG; serbest suyu bağlamak, jel yapının dengede kalmasını sağlamak, protein molekülleriyle ağ yapı oluşturarak jel kuvvetini artırmak, sütte bulunan protein molekülleriyle reaksiyona girerek suda çözünme oranının artırılmasını sağlamak gibi faydalar sağlamaktadır (Güven ve Hayaloğlu, 2001).

LBG, kıvam arttırıcı olan fonksiyonel özelliklere sahip bir hidrokolloiddir. Farklı gıda ürünlerine eklendiğinde viskozite verir ve su fazı yönetimi yoluyla tekstür ve diğer fonksiyonel özellikleri iyileştirir. Çok yüksek düşük kayma viskozitesi ve kuvvetli kayma incelmeleri gösterirler. Elektrolit varlığından etkilenmez ancak yüksek ve düşük pH'da ve yüksek sıcaklıklara maruz kaldıklarında viskozitesi düşebilir. LBG'nin en önemli özelliği, sıcak suda hidratlanarak viskoz bir çözelti sağlar. LBG genellikle guar gam ve tara gamdan daha az viskoz olarak kabul edilir (Barak ve Mudgil, 2013).

Sütlü tatlılarda tek başına kıvam arttırıcı olarak kullanılmaktadır. Dondurma, sos, meşrubat, fırıncılık ve et endüstrisinde kalınlaştırıcı olarak kullanılır (Demirtaş, 2007). LBG, dondurma miksinde %0.1-0.2 aralığında kullanılır. Dondurmada erimeyi geciktirir, depolama özelliklerini iyileştirmektedir ayrıca ısı şokuna karşı direnç oluşturmaktadır. Kritik yüksek sıcaklıklarda kıvam arttırıcı özelliğinden dolayı hazır çorbaların önemli bileşenlerindedir. Sosis, salam gibi et ürünlerinde bağlayıcı, kayganlaştırıcı madde olarak görev alır. Yumuşak peynirlerde, sütlü tatlılarda, pasta dolularında ve diğer süt ürünlerinde

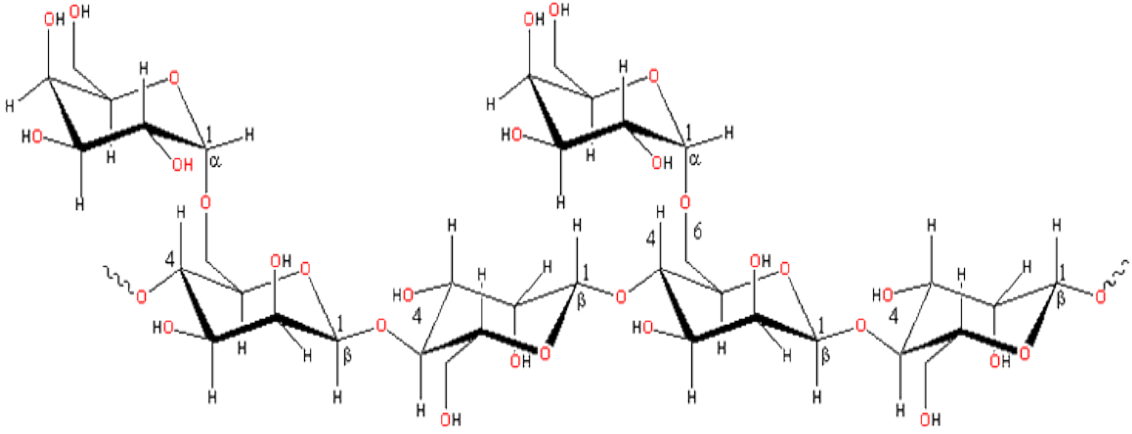
kullanılırlar. Yoğurt, puding, eritme ve krem peynirleri, su bazlı jöleler, şekerlemeler, et ve balık ürünleri, içecekler, ketçap, mayonez, salça, unlu mamuller ve dondurulmuş gıdalar gibi birçok ürünün en önemli bileşeni olmaktadır. Salam ve sosis gibi et ürünlerinde su bağlayıcı ve kayganlaştırıcı etki sağlamak için kullanılırlar. Unlu mamül ürünlerinde kırılabilirliği azaltmak, İçeceklerin kıvamını artırmak için kullanılırlar (Dunstan ve ark., 2001).



Şekil 2.1. LBG'nin yapısı

#### 2.4.2. Guar gam

Guar gam, *Cyamopsis tetragonolobus* ve *Cyamopsis psoraloides* olarak adlandırılan bitkilerin tohumlarından elde edilen bir galaktomannandır. Tohumlar; %20-22 kabuk ağırlığı, %43-44 ruşeym ve %34-36 endospermden oluşur. Endosperm, guar gam'ın elde edildiği bölümdür. Endosperm 2 mannoz ve 1 galaktoz ünitesinden oluşur, yani mannoz/galaktoz oranı, (M/G) 2:1'dir (Şekil 2.2). Her bir mannoz ünitesine bağlı olarak D-galaktoz bulunur. Mannoz üniteleri  $\beta$ -(1,4) bağıyla bağlanmıştır ve D-galaktoz üniteleri bu zincire  $\alpha$ -(1,6) bağıyla bağlanmıştır. Yani; Ana zincir  $\beta$ -(1-4) glukozidik bağı D-mannopiranozil birimlerinden oluşmaktadır. Ana zincire (1-6) bağı ile  $\alpha$ -D-galaktopiranozil bağlanmıştır (Zorba, 2009).



Şekil 2.2. Guar gam'ın yapısı

Molekül ağırlığı  $1-2 \times 10^6$  g/mol arasında değişiklik göstermektedir. Rengi açık kehribar rengi, sarımsı yeşil ile gri olabilir. Guar gam, %33-40 oranında galaktoz içerikli galaktomananlar içermektedir. Galaktoz varlığı, moleküller arası birleşmeyi engelleme eğilimindedir; Bu nedenle guar gam soğuk suda kolayca çözünebilmektedir. Farklı ağ boyutlarında olan guar gamın su ile tepkimeye girme derecesi ve viskozitesi de farklıdır. Nötr bir polisakarittir ve bu nedenle çözeltileri, iyonlardan veya pH'dan çok az etkilenir. Viskozitesi pH, konsantrasyon, kullanılan gamın büyüklüğüne bağlıdır.

Guar gam, gıda sanayiinde özellikle süt ve fırıncılık ürünleri ve sosların üretiminde kullanılır. Özellikle kıvam artırıcı özelliğinden kullanılan bir hidrokolloid tipidir. Kullanım amaçlarına; eritme peynirleri, dondurulmuş gıdalar vb. ürünlerde sineresisi önlemek, salata soslarında faz ayrımını önlemek, fırın ürünlerinde su tutma özelliğini artırmak, karıştırma süresini kısaltmak, karışımın homojenitesini artırmak, depolamadaki nem kaybını azaltmak, şekerlemelerde nemi hapsetmek, viskoziteyi artırmak, Pasta kaplamalarında kolay sürülebilirliği sağlamak, pasta dolgu maddelerinde sineresizi önlemek, salep, boza, toz karışımlar vb. içeceklerde akışkanlığı sağlamak örnek olarak verilebilir (Köksel, 2005).

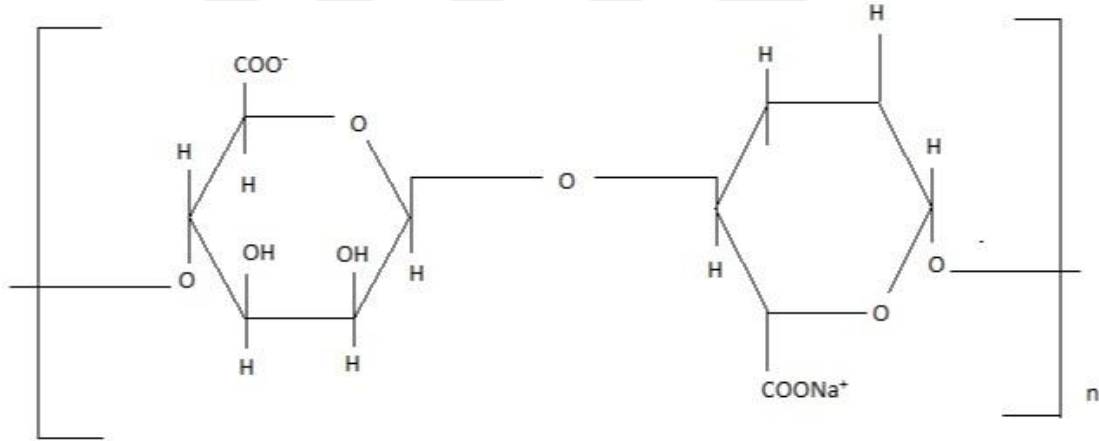
### 2.4.3. Sodyum aljinat

Sodyum aljinat, aljinik asidin sodyum tuzudur. Alglerden elde edilirler. Yapısal bileşenleri deniz kahverengi alglerinde (*Phaeophyceae*) ve toprak bakterilerinde polisakarit olduğundan doğada oldukça bol miktarlarda bulunurlar. Aljinat, 100-3000 arasında değişen yapıtaşlarının esnek bir bağ ile birbirine bağlandığı polisakarit yapıdadır. Doğal olarak oluşan bu polimerik yapılar, biopolimer olarak adlandırılmaktadır. Aljinat;  $\beta$ -D(1-4)-mannuronik asit (M) ile  $\alpha$ -L(1-4)-guluronik asit (G) monomerlerinden oluşan

biyobozunabilen lineer bir polisakkarit kopolimeridir (Şekil 2.3) Molekül ağırlığı  $3.2 \times 10^4$  g/mol'dür (MacArtain ve ark., 2007).

Aljinat kopolimerinin blok yapısı aynı birimlerin birbirini tekrarlaması şeklinde yani yapıdaki M-blokları ve G-bloklarının MMMGGG veya MGMGMG şeklinde polimer zincirini oluşturmalarına bağlı olarak polimer değişik geometrilere bulunur. Yapıda G-bloklarının içeriğinin daha fazla olması halinde aljinatın jel oluşturma kapasitesi daha yüksekken; M-bloklarının fazla olması bu kapasiteyi azaltacak yönde etki yapar (Zactiti ve Kieckbush, 2006).

Sodyum aljinat, viskoz çözeltiler oluşturmak için suda kolayca çözünür ve iki değerli kationlar (özellikle kalsiyum) varlığında termal olarak geri dönüşümsüz jeller oluşturur. Jel oluşumundan sorumlu olan guluronik asittir ve bunların oranı ve dağılımı, üretilen jellerin özellikleri üzerinde büyük bir etkiye sahiptir.



Şekil 2.3. Sodyum aljinat'ın yapısı

Farklı kaynaklardan elde edilen aljinatlar, farklı yapılara (yapılarını oluşturan iki üronik asidin oranları) ve dolayısıyla, jel oluşturma kabiliyetleri ve oluşan jel tipi gibi farklı özelliklere sahiptir (Zactiti ve Kieckbush, 2006).

Aljinatlar anyonik polimerlerdir. Çünkü içindeki her bir monomer birimi bir üronik asit birimidir. Asitler, deniz yosunu kaynağına bağlı olarak zincir boyunca ayrı veya karışık diziler halinde bulunur. *Macrocystis pyrifera* ve *Ascophyllum nodosum* yüksek mannuronik asit içeriğine sahiptir (sırasıyla %61 ve %65), *Laminaria hyperborea* ise yüksek guluronik asit içeriğine (%69) sahiptir (Rasmussen ve Morrissey, 2007).

Uygun koşullar altında  $Ca^{+2}$ ,  $Ba^{+2}$ ,  $Sr^{+2}$  gibi çift değerlikli katyonlar ile hidrojel oluşturma yeteneğine sahiptir. Sodyum aljinatın yapı birimi olan guluronik asit blokları ve iki değerlikli katyonlar arası çapraz bağlanması sonucu, iyonik etkileşimler ile birbirini tutan aljinat filamentleri ağı oluşturmaktadır. Guluronik asit, karboksil ve hidroksil grubu ile etkileşime giren katyonlar için bir bağlanma bölgesi olarak işlev gören bir boşluk oluşturur (Clare, 1993).

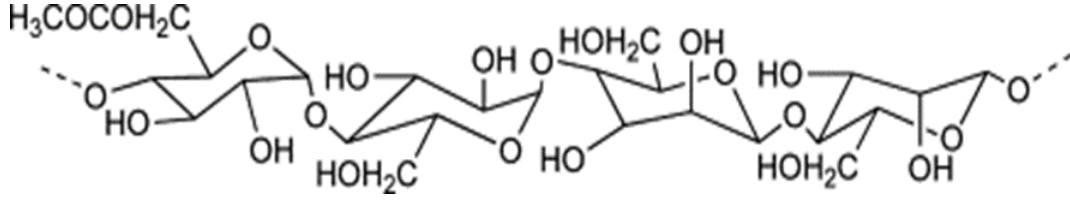
Stabilizasyon ve tekstür oluşturma özellikleri sağlarlar. Özellikle dondurmada kıvam artırma ve jel oluşturma ve suda çözünme özelliklerinden dolayı kullanılırlar. Dondurulmuş tatlı ve dondurma gibi gıdalarda erime süresini kısaltır, tat verir, viskoziteyi artırır ve stabilizasyon sağlarlar. Jelleştirici olarak pudinglerde kullanılırlar (Haghighimanesh ve Farahnaky, 2011).

Sodyum aljinat gıdaların kaplanmasında kullanılarak raf ömrünün artırılması sağlanmaktadır. Mercan balığında aljinat ile kaplama yapılması sonucunda raf ömrünün arttığı belirlenmiştir. Ayrıca kaplama maddesi olarak kullanımının su kaybını azalttığı, duyu özellikleri olumlu yönde etkilediği tespit edilmiştir. Ayrıca pişme süresinin kısaltılması ve ısı dağılımının kolaylaşması tavuk nuggetlerinde yapılan çalışmada ortaya konmuştur. Kaplama maddesi olarak kullanılması enzimatik esmerleşme reaksiyonlarının da önlenmesini sağlamıştır (Song ve ark., 2011; Albert ve ark., 2012).

#### **2.4.4. Salep**

Türkiye'nin çeşitli bölgelerinde doğal olarak yetişen *Orchis mascula*, *Orchis militaris* ve ilgili orkide türlerinin kurutulmuş yumrularının öğütülmesiyle elde edilir. Salep, yüksek seviyelerde (%16-55) glikomannan içerir. Salepte bulunan bu maddenin miktarı ne kadar fazla olursa salep kalitesi de artmaktadır. Kimyasal yapısı ve niteliği elde edilen dondurmanın da kalitesini etkiler (Ayar ve ark., 2009).

Glikomannan D-glikoz ve D-mannoz moleküllerinin  $\beta$ -1,4 bağları ile bağlanması sonucu oluşmaktadır (Şekil 2.4). Bu yapının yaklaşık olarak %60'ı D-mannoz %40'ı ise D-glikozdan meydana gelmektedir. Dallanmış yapı gösterirler ve molekül ağırlıkları 200-2000 g/mol arasında değişiklik gösterir. Molekül ağırlıkları yüksek olduğu için viskoz bir çözelti oluşturur (Hossain, 2011).



Şekil 2.4. Salep'in yapısı

Bu madde dondurmaya istenilen özlü ve homojen yapıyı verir, erimeyi bir süre geciktirmektedir. Viskozite optimizasyonu sağlar, yapısal stabiliteyi artırır ve kıvam verici olarak kullanılır. Kahramanmaraş tipi dondurmalara sertlik, esneklik özel yapı, tat ve koku kazandırmak, özelliklerini uzun süre korumak, esnek tekstür oluşturmak ve dondurmaya kıvam sağlamak için kullanılır. LBG ve karragenan gibi hidrokolloidlerle birlikte de kullanılabilirler. Salep, Maraş dondurmasının erimeyi geciktirmesi, kullanılmaktadır (Tekinşen ve Tekinşen, 2008).

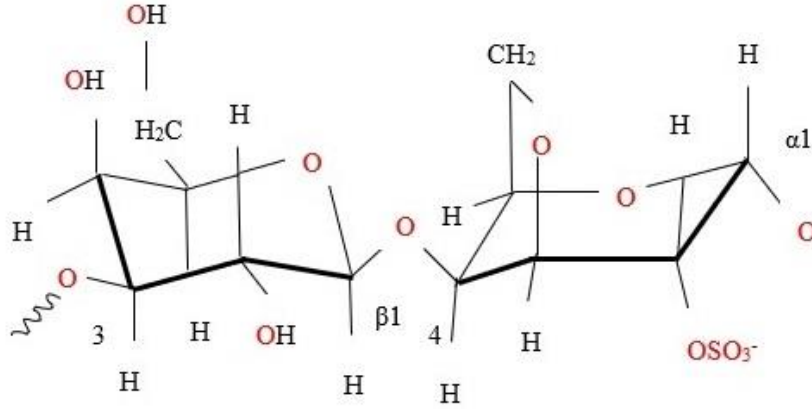
#### 2.4.5. Karragenan

İrlanda yosunu olarak bilinen *Chondrus crispus*'den ekstrakte edilmiştir. Bu yosundan ekstrakte edilen karragenan hem kappam hem lambdam türlerini içerir. İrlanda yosunlarının farklı türleri bulunmaktadır ve bunlar bitkinin selüloz yapısı içindeki boşlukları dolduran doğal olarak oluşan polisakkaritler içerir. Bu polisakkaritler familyası, karragenan, furkellaran ve agar'ı içerir. İrlanda yosunu ticari üretiminde kullanılan başlıca türleri arasında *Euchema cottonii* ve *E. spinosum* bulunur. Kappam karragenan *E. Cottonii*'den ekstrakte edilir. İotam karragenan *E. Spinosum*'dan sentezlenir. Krem rengi ile açık kahverengi arasında bir renkte toz formunda bulunurlar. Karragenan tekrarlayan galaktoz üniteleri ve hem sülfatlanmış hem sülfatlanmamış D-galaktopiranozil birimlerinin  $\alpha$ -1,4 ve  $\beta$ -1,3 bağlarını içeren yüksek molekül ağırlıklı bir polisakkarittir (Şekil 2.5) (Zorba, 2009).

Tüm karragenanlar sıcak suda çözünürler. Kappam karragenan  $65^{\circ}\text{C}$  sıcaklıktaki suda çözünürlük kazanırken, iotam karragenanın bu çözünürlüğü  $55^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta görülmektedir. Bununla birlikte, sadece lambdam, kappam ve iotam'ın sodyum tuzları soğuk suda çözünür. Karragenanlar, viskoz çözeltiler oluştururlar. Dallanmış molekül yapısına sahiptirler. Çözeltinin viskozitesi; karragenanın molekül ağırlığı, konsantrasyonu, sıcaklık, çözeltideki katyonlar gibi birçok faktöre bağlı olmaktadır.

Süt bazlı sistemlerde düşük konsantrasyonlarda jel oluşturabilirler. Özellikle soğutulduktan sonra kırılğan jeller oluştururlar. Jel mukavemeti ise  $\text{Ca}^{2+}$  ve  $\text{K}^{+}$  iyonlarına bağlıdır. Bu iki

iyon sayesinde kuvvetli bir jel oluştururlar (Thomas,1997). Süt bazlı tatlılarda jel oluşturucu, kıvam verici ve sineresizi kontrol edici olarak kullanılırlar. Süt ürünlerinde ağızda dolgunluk hissi verir, emülsiyonu stabilize ederler. Ayrıca dondurulup çözündürülebilir sütlü tatlılarda yağın ayrılmasını önlerler. Sütlü tatlılarda %0.1-0.2 oranlarında kullanılırlar (Seçkin ve Özkılınç, 2008).



Şekil 2.5. Karregenane'nin yapısı

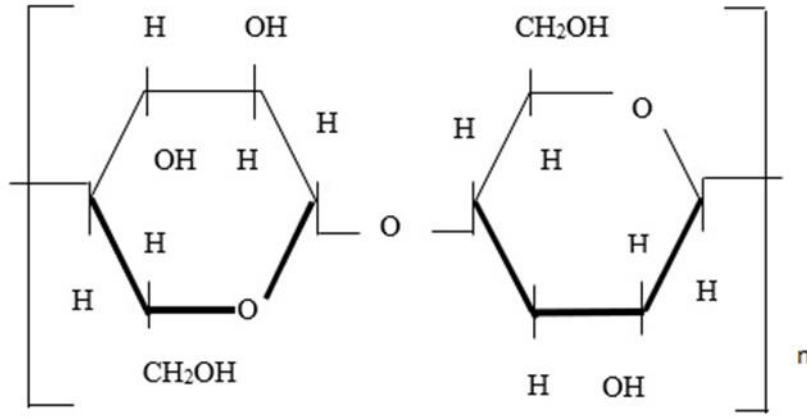
#### 2.4.6. Ksantan gam

Glikoz, glukoronik asit ve mannoz içeren bir polisakkarittir. *Xanthomonas campestris* mikroorganizmasının glikozu azot ve çeşitli mineraller varlığında aerobik fermantasyonla parçalaması sonucunda üretilir. Molekül ağırlığı  $3-7.5 \times 10^6$  g/mol arasında değişiklik gösterir. Sarımsı renkte toz şeklinde bulunur. 1,4-bağlı  $\beta$ -D-glikoz birimlerinin bulunduğu bir ana iskeletten oluşmuştur. Bu ana iskelette bağlı trisakkarit bulunmaktadır. Bu trisakkarit iki adet D-Mannoz birimi ve bir adet D-glukoronik asit biriminden oluşmaktadır (Şekil 2.6).

Ksantanlar, sıcaklık, pH veya tuz konsantrasyonundaki değişikliklerden etkilenmeyen yüksek viskoziteli, psödoplastik çözeltiler oluştururlar. Ksantan gam soğuk suda çözünebilir ancak gamın iyi çözünmesi partikül boyutuna, solvent kalitesine bağlıdır (Demirci ve Arıcı, 2008).

Gıda bileşenleri ile uyum gösterir, sıcaklık ve emülsiyon oluşturma stabilizasyonu sağlar. Viskozitesi, konsantrasyonun bir fonksiyonudur. Ksantan gam, soğuk suda çözünür ve çözeltiler, yüksek psödoplastik akış sergiler bu akışkan tipi lezzetin algılanması, süspansiyon oluşturma, ağız hissi gibi birçok duyu kaliteyi etkileyen özelliklerin oluşumuna katkı sağlar. Ksantan gam düşük konsantrasyonlarda kullanılsa bile su bağlama

kapasitesi, depolamada dayanıklılık göstermesi, ürünün görsel kalitesine olumlu etkisinden dolayı kullanılmaktadır. Yan zincirlerin ksantan gam iskeletini çevrelemesiyle sıcaklık ve pH dayanıklılığının yüksek olması ile diğer hidrokolloidlerden ayrılmaktadır (Zorba, 2009).



Şekil 2.6. Ksantan gam'ın yapısı

Bu özelliği dondurma ve çözündürme, yüksek sıcaklık, uzun süreli karıştırma sonucu oluşabilecek bozulmalara karşı dayanıklı kılmaktadır. Donma, çözünme döngüleri ve ısıtma sırasında, ksantan gam ilavesi ile krem şanti, soslar, sufle gibi donmuş ürünlerde sineresiz kontrolü ve viskozite stabilitesi sağlanır. Fırıncılık ürünlerinde geniş kullanım alanına sahiptir. Pişme sırasında gözenek yapısının gelişmesini sağlar ve hacmi artırır. Yoğurma sırasında homojen hamur yapısının oluşmasını sağlar, topaklanmayı önler (Jansson ve ark., 1975).

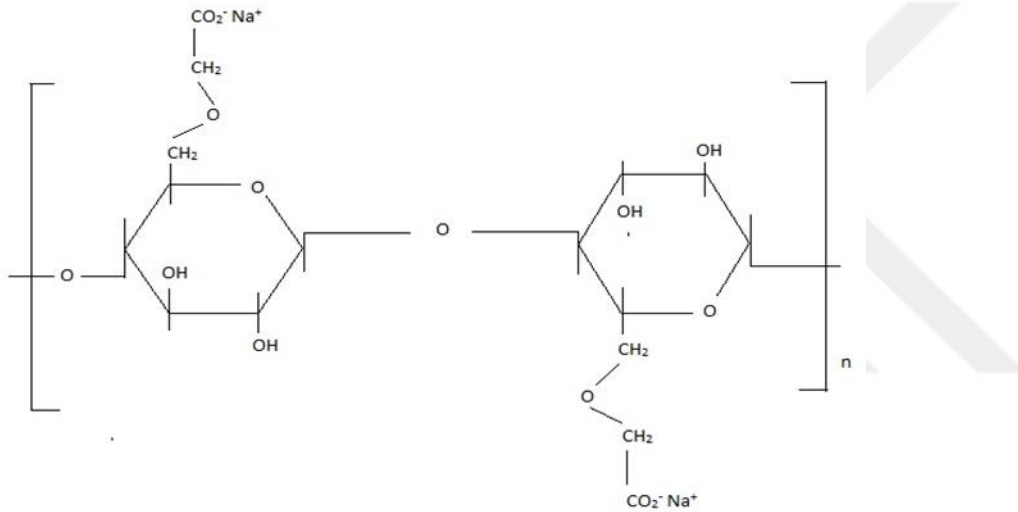
Dondurma ve meyve dolgularına ilavesi ile raf ömrünün uzatılması, sineresiz kontrolü, donma-çözünme dengesinin sağlanması gibi yararlar sağlar. Krema, dondurma gibi süt ürünlerinde optimum viskozite, uzun süreli stabilite ısı şokuna karşı koruma, buz kristali kontrolü sağlar. Doğal bir polisakkarit olan ksantan gam puding gibi tatlılarda %0.5 konsantrasyon değerinden daha az kullanıldığında bile yeterli miktarda jel oluşumu sağlamaktadır. (Zorba, 2009).

#### 2.4.7. Karboksimetil selüloz (CMC)

Selüloz, yeşil alglerin hücre duvarlarında ve mantarların zarlarında bulunabilir. *Acetobacter xylinum* ve ilgili türler tarafından selüloz sentezlenebilmektedir. Selüloz ayrıca çavdar, arpa, buğday, yulaf samanı, mısır sapı ve şeker kamışı gibi birçok tarımsal yan üründen de elde edilebilir. Polimerler, tekrar eden monomerlerden oluşan zincir halindeki

moleküllerdir. Moleküller bir arada bir takım çekim kuvvetleri sayesinde dururlar. Selüloz molekülleri  $(C_6H_{10}O_5)_n$  formülüne sahip anhidroglukoz birimlerinin uç uca eklenmesiyle oluşmuştur. Bu birimlerin sayısına polimerizasyon derecesi (DP) denir.

Bu birimler birbirine  $\beta$ -1,4 glukozidik bağlarla ve her iki birim arasında H- bağlarının oluşmasını sağlayacak şekilde  $180^\circ$ 'lik bir açıyla bağlanmıştır (Şekil 2.7). Doğrusal yapıda olan selüloz molekülünde bulunan her bir monomerde hidroksil grupları bulunur. Bu OH grupları başka bir selüloz zincirinde bulunda OH grubuyla bağlanma özelliği vardır. Bu bağlanmadaki bağlar hidrojen bağlarıdır ve selülozun hidrofil (suyu seven) özellik kazanmasını sağlar (Biswal ve Singh, 2004).



Şekil 2.7. CMC'nin yapısı

Selülozun kimyasal değişikliklere uğraması sonucunda selüloz türevleri oluşmaktadır. Selülozun türevlerinin oluşması aşamasında hidroksil grupları reaksiyona girer. CMC, ilk önce alkali selüloz ile reaksiyona girmesi ve ardından Na-monokloroasetat ile reaksiyona sokulması sonucu üretilmektedir. CMC'nin molekül formülü  $C_8H_{16}NaO_8$ , molekül ağırlığı  $3.03 \times 10^{19}$  g/mol'dür. Beyaz ile sarımsı arası renkte ve lifli yapıdadır. Sodyum tuzu formundaki  $(-O-CH_2-COO-Na^+)$  karboksimetil eter grubunu içerir ve bu nedenle anyonik polimerlerdir. CMC, suda çözünebilir selülozun karboksile edilmesiyle üretilir ve selüloz eterleri grubuna girer (Biswal ve Singh, 2004).

Çoğu CMC psödoplastiktir, ancak tiksotropik olan çözeltileri yapan CMC tipleri de vardır. CMC çözeltileri, moleküler ağırlık polimerizasyon derecesine (DP) ve ikame derecesine ve modeline bağlı olarak psödoplastik veya tiksotropik olabilir. Karboksimetilselüloz (CMC) soğuk suda çözünür ve pH durumuna bağlı olarak alkali koşullarda daha çözünür ve asidik koşullarda çözünür değildir. Ürünün pH'sı düşürüldükçe, çözünürlüğü de azalır, 4 ve 6 pH'larda suda çözünmez hale gelir. CMC, alüminyum gibi üç değerlikli metal iyonları varlığında jel oluşturabilir. CMC'nin jelleşme özellikleri polimer konsantrasyonu, polimerleşme derecesi, pH, ve metal katyonlarının seviyesinden etkilenir (Murray ve Luft, 1973).

Suda çözünen tüm hidrokolloidler içinde çok yönlü fonksiyona sahip olan CMC, gıda endüstrisinde yaygın bir şekilde kullanılmakta, katıldığı formülasyonların yapısını, hidrofilik özelliklerini ve fonksiyonel kalitesini olumlu yönde etkilemektedir. Tat vermemesi, kokusuz ve renksiz olması, hem sıcak hem soğuk suda çözünmesi, kıvam arttırıcı olması, stabilizasyon oluşturucu ve su tutma özelliğinden dolayı geniş kullanım alanına sahiptir. Yarı katı olan süt ürünlerinde nişastanın alternatifi olarak kullanımı mevcuttur. %0.15-0.27 konsantrasyon değerlerinde iyi bir tekstür oluşturması sağlanabilir. Pıhtılaşmayı önleme ajanı olarak; pasta kremalarında, dondurmada ve pudinglerde kullanılırlar. CMC'nin kıvam arttırıcı etkisinden dolayı salata sosları ve domates sosları gibi ürünlerde kullanılabilir (Bayarri ve ark., 2009).

Toz içecek karışımı gibi hazır ürünlerde viskozite artışını sağlamak için kullanılır. Depolama sırasında buz kristallerinin büyümesini kontrol altına almak, yumuşak bir tekstür oluşturmak, ısı şokuna karşı direnç sağlamak için kullanılırlar. Su çekme özelliğinden dolayı da fırıncılık ürünlerinde kullanılırlar. Fırıncılık ürünlerinde pişirme sırasında viskozitenin düşmesi ile hacim artışı sağlar (Doğan ve ark., 1996).

### 3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Keçeli ve Konar (2003), pahalı olan salebe alternatif aramaya yönelik olan yapmış oldukları çalışmada %0.5 oranında LBG, CMC, jelatin, arap gamı ve çöven kökü kullanılarak yapmış oldukları dondurmalarda kuru madde, viskozite, hacim artışı, erime oranı, yağ ve protein miktarlarını belirlemişlerdir. Hidrokolloid kullanımı kuru madde, yağ, protein değerlerine önemli düzeyde etkili olmamıştır. Viskozite değerleri kıyaslandığında salep, CMC ve LBG arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En yüksek viskozite CMC kullanılan dondurmada ölçülmüştür. Hidrokolloidler arasında hacim artışı yönünden de bir farklılık bulunamamıştır. Erime oranlarına bakıldığında en dayanıklı 90.57 dak ile LBG kullanılarak yapılan dondurmada olduğu belirlenmiştir.

Şahin ve Özdemir (2003) yaptıkları çalışmada, tragacanth gam, guar gam, LBG, ksantan gam ve CMC'yi üç farklı konsantrasyonda ketçaba ekleyerek, bunların ketçapların konsistansi ve serum ayrılması üzerine etkilerini belirlemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre, kullanılan tüm hidrokolloidlerin ketçabın kıvamını artırdığı, fakat guar gam ve LBG'nin en yüksek artışı sağladığı belirlenmiştir. En yüksek kıvam indeksi değerlerinin %1.0 oranında tragacanth gam, LBG, guar gam eklenen ketçap örneklerinde sağlandığı görülmüştür. Üründe gözlenen serum ayrılmasının azaltılmasında, %0.5 oranında hidrokolloid ilavesinin yeterli olduğunu göstermiştir.

Şahin ve Özdemir (2004), beş farklı hidrokolloid (tragakant gam, guar gam, CMC, ksantan gam ve LBG) sırasıyla 0.5 ve 1.0 g/100 g oranlarında domates ketçaplarına eklenmiştir. Elde edilen ürünlerin viskozimetre ile reolojik özelliklerini incelemişlerdir. Tüm hidrokolloidlerin numunelerin kıvamını arttırdığı görülmüştür. Guar gam ve LBG'nin maksimum artışa neden olduğu belirlenmiştir. Hem ketçap formülasyonunun hem de hidrokolloid konsantrasyonunun ketçapların kıvamını etkilediği bulunmuştur. %12.5 kuru madde içeriği ve %1.0 seviyesinde hidrokolloid eklenen ketçabın en yüksek kıvam indeksine sahip olduğu bulunmuştur.

Kayacier ve Doğan (2006), guar gam, ksantan gam, sodyum aljinat ve salep'in %0.25, 0.50, 0.75, 1.00 olmak üzere dört farklı konsantrasyonda saf su ile hazırlanan karışım mikslерinin reolojik özelliklerini incelemişlerdir. En yüksek viskozite değeri %1.00 seviyesinde (8400 mPas) olarak sodyum aljinat kullanılan örnekte ölçülmüştür.

Simşek ve ark. (2006) yaptıkları çalışmada LBG, karragenan, guar gam, ksantan gam, pektin ve Na-CMC kullanarak dondurma üretimi gerçekleştirmişlerdir. Araştırma

sonuçlarına göre, en düşük viskozite değeri pektinle hazırlanan örnekte bulunurken, en yüksek viskozite değeri ksantan gam ile hazırlanan örnekte bulunmuştur. Erime süresi sonuçları incelendiğinde, en yüksek değerler LBG ve karragenan kullanılan örneklerde elde edilmiştir. Bu değerleri ksantan gam ve Na-CMC kullanılan örnekler izlemiştir. Şimşek ve ark. (2006) farklı %0.3 seviyesinde LBG, karragenan, guar gam, ksantan gam, pektin ve Na-CMC kullanarak dondurma üretimi gerçekleştirmişlerdir. Dondurmaların viskozite ölçümlerine göre en düşük viskozite değeri 104.56 cp ile pektinde, en yüksek viskozite değeri ise 883.31 cp ile ksantan gamda belirlenmiştir.

Soukoulis ve ark. (2007) yapmış oldukları çalışmada dondurmada hidrokolloidlerin reolojik, fiziksel ve duyuşsal özelliklere etkilerini incelemiştir. Birincil stabilize edici ajanlar olarak CMC, guar gam, sodyum aljinat ve ksantan gam kullanılırken, ikincil olarak k-karragenan kullanılmıştır. Ksantan gam ve sodyum aljinatın eklenmesi kayma gerilimini önemli ölçüde güçlendirmiştir. Sodyum aljinat, 16 haftalık depolamadan sonra bile dokusal kaliteyi iyileştiren etkiye sahipken olduğu tespit edilmiştir. Ksantan gamın dondurma raf ömrünü önemli ölçüde değiştirebilen jelleştirici bir hidrokolloid olduğu bulunmuştur.

Torres ve ark. (2012), CMC, guar gamı, LBG, tragakanth gam ve ksantan gamın su adsorpsiyon izotermelerini, gravimetrik bir metot kullanarak farklı sıcaklıklarda (20, 35, 50, 65°C) belirlenmişlerdir. Her bir su aktivitesi değerinde denge nem içeriği sıcaklık arttıkça azalmıştır. CMC ve guar gamın en fazla ve en az su tutan hidrokolloid olduğu belirlenmiştir.

Toker ve ark. (2013), sütlü tatlıda yapmış oldukları çalışmada 4 farklı hidrokolloid (karragenan, guar gam, sodyum aljinat, ve ksantan gam) kullanmışlardır. Örneklerin kuru madde değerleri 17.36-22.01 arasında değişiklik göstermiştir. Numunelerin kuru madde değerlerindeki değişim su emilimindeki farklılıklar nedeniyle meydana geldiğine ve bununda moleküler yapı farklılıklarından ve moleküllerin diğer bileşenlerle olan etkileşiminden ileri gelebileceğini belirtmişlerdir. Tüm sütlü tatlı örneklerinden karragenan içeren örneğin reolojik özelliklere en olumlu etkiyi gösterdiğini saptamışlardır.

Tarrega ve ark. (2014) yapmış oldukları çalışmada dört farklı hidrokolloid (sodyum aljinat, karragenan, hidroksipropil metil selüloz (HPMC) ve ksantan gam) ile üç farklı konsantrasyon kullanılarak hazırladıkları süt bazlı çikolatalı atıştırmalıklarda reolojik ölçümler gerçekleştirmişlerdir. Artan kayma hızlarında akış eğrileri belirlenmiş, küçük genlikli salınımlı kesme testleri kullanılarak viskoelastik özellikler ölçülmüştür.

HPMC ve aljinat için, konsantrasyonun artırılması esas olarak viskoziteyi arttırırken,

ksantan gam ve karragenan elastik özelliği artırmıştır. Sonuçlar, kalınlığının arttırılmasının kullanılan hidrokolloidin tipine göre değiştiğini göstermiştir. İstenilen kalınlık derecesinin sodyum aljinat ve HPMC numunelerinde yüksek konsantrasyonlarda artığı görülmüştür.

Jia ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada saklama koşullarının ve hidrokolloidlerin (CMC, LBG ve ksantan gam) kek hamurunda  $\Delta H$  ve viskozite üzerine etkilerini incelemiştir. Hidrokolloidlerin eklenmesi donmayan suya ait  $\Delta H$ , viskozite, hacim, sertlik, kabarcık boyutunu değiştirdiği ve kek hacmini, dokusal özelliklerini iyileştirdiği görülmüştür. En büyük özgül hacim, en düşük sertlik ve en yüksek viskozite depoda 4 hafta dondurulmuş olarak bulunan %1 CMC içeren kekta görülmüştür. 4 hafta depolamadan sonra,  $\Delta H$  sonuçları %1 seviyesinde en düşük, kontrol grubunda ise en yüksek bulunmuştur. Hidrokolloidlerden en düşük  $\Delta H$  değerine sahip olan CMC olmuştur. Daha sonra ise bu hidrokolloidi LBG ve ksantan izlemiştir. Bu sonuçlar, CMC'nin buzun yeniden kristalleşmesini önlemede en etkili hidrokolloid olduğunu göstermiştir.

Işıklı ve ark. (2015), farklı konsantrasyonlardaki salep süt karışımının, farklı sıcaklıklara maruz bırakılarak viskozite ölçümleri gerçekleştirmişlerdir. %0.75, %1.00 ve %1.25 konsantrasyonlarda süte salep eklenerek 85°C'ye ısıtılarak 2 dak bu sıcaklıkta bekletilmiştir. 45, 50, 55, 60, ve 65°C sıcaklıklarda 1, 3, 5, 10, 20, 30, 50, 60, ve 100 rpm'de akış tiplerini incelemiştir. %1.25 konsantrasyonla hazırlanan süt salep karışımının viskozitesi en yüksek değer olarak ölçülmüştür. Sıcaklık arttıkça sıvının incelendiği görülmüştür. %0.75 konsantrasyondaki salep süt karışımının bingham akış tipinde olduğu saptanmıştır. Akış davranış indeksi, ve kıvamın sıcaklık arttıkça azaldığı, konsantrasyon arttıkça arttığı saptanmıştır. 45°C'den 65°C'ye kadar salep süt karışımı %1.00 ve %1.25 konsantrasyon değerinde psödoplastik akış özelliği gösterdiğini bildirmişlerdir. Sıcaklık artışı ile artan akış davranışı indeksini süt protein yapısı ile açıklamışlardır. Bunu, sıcaklık artışı olduğunda, süt proteinlerinin yapısının açılarak ve globüller içindeki gizli hidrofobik grupların erişilebilir hale gelmesi ve böylece su bağlama kapasitesinin önemli ölçüde azaldığı şekli ile ifade etmişlerdir.

Güven ve Karaca (2016), yapmış oldukları çalışmada farklı oranlarda LBG, CMC, guar gam, salep ve sodyum aljinat kullanarak ürettikleri dondurmaların 6 aylık depolama süresi boyunca meydana gelen değişiklikleri incelemişler ve sadece salep kullanılarak üretilen dondurmaların, hidrokolloid kombinasyonlarını kullanarak üretilen diğer dondurmalara kıyasla daha düşük viskozite değerleri ve erimeye karşı daha az dirençli olduğunu gözlemlemişlerdir. Viskozite değerleri incelendiğinde, CMC, LBG, guar gam, sodyum

aljinat kombinasyonunun, salebin tek olarak kullanımına kıyasla dondurmanın viskozitesini daha da artırdığını gözlemlemişlerdir.

Çınar ve Dizlek (2018) yapmış oldukları çalışmada, farklı tip (guar ve ksantan gam) ve düzeylerde (kek hamur ağırlığına göre %0.15, 0.30, 0.45, 0.60 ve 0.75) hidrokolloid kullanımının sufle kek kalitesine etkilerini araştırmışlardır. Üretilen keklerin fiziksel, yapısal, renk ve tekstürel özellikleri belirlenmiştir. Hamur yoğunluğu, pişme kaybı, hacim, özgül hacim ve ele alınan tüm tekstürel özellikler bakımından hidrokolloid tip ve düzeyleri arasında belirgin farklılıklar ortaya çıktığı gözlemlenmiştir. Guar ve ksantan gamın deneme sufle kek formülünde %0.30-0.45 düzeyine kadar başarı ile kullanılacakları, daha yüksek düzeylerde ve özellikle kombine halde kullanılmalarının ürün niteliklerini olumsuz yönde etkilediği (hamur yoğunluğu, pişme kaybı, büzülme değerleri ve sertlik artmış; hacim azalmış, çiğnenebilirlik güçleşmiştir) belirlenmiştir.

## 4. MATERYAL

### 4.1. Materyal

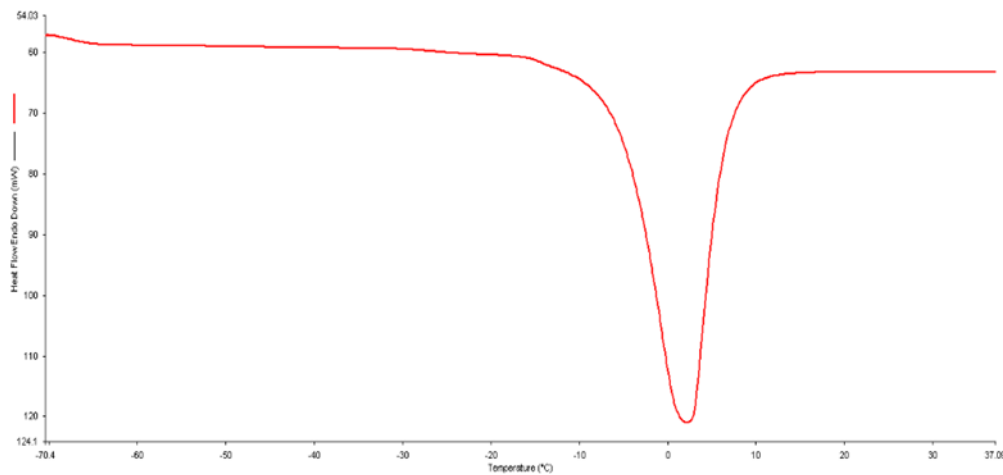
Bu araştırmada 6 farklı hidrokolloid, 4 farklı konsantrasyonda kullanılarak süt bazlı miks üretimi gerçekleştirilmiştir. Hammadde olarak tam yağlı inek sütü, ve hidrokolloid olarak CMC, ksantan gam, guar gam, LBG, salep, sodyum aljinat kullanılmıştır.

### 4.2. Süt Bazlı Miks Üretimi

Deneme planında, süt bazlı miks üretiminde inek sütüne %0.25, 0.50, 0.75, 1.0 oranlarında hidrokolloid ilave edilmiştir. Karışımın sıcaklığı 90°C'ye ulaşınca kadar karıştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Süt bazlı miks 90°C'de pastörize edilmiştir. Daha sonra yaklaşık 20-25°C'ye soğutulmuştur. Soğutulan miks +4°C'de 12 saat boyunca olgunlaştırma işlemine maruz bırakılmıştır.

### 4.3. Diferansiyel Tarama Kalorimetrik Analizler (DSC)

Örneklerin termal davranışları dinamik DSC (DSC 4000, Perkin Elmer, MA, USA) ile belirlenmiştir. Standart alimünyum kaba tartılan örnek (10 mg), 20 mL/dak azot gazı akışı altında -70°C'ye soğutulmuştur. -70°C'de 5 dak boyunca bekletildikten sonra 10°C/dak ısıtma hızı ile 40°C'ye ısıtılmıştır. Elde edilen termogramdan  $T_{başlangıç}$ ,  $T_{pik}$ ,  $T_{bitiş}$  sıcaklıkları ve entalpi ( $\Delta H$ ) belirlenmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. %1 Konsantrasyonda CMC'nin DSC termogramı

#### 4.4. Donmayan Su Miktarının Belirlenmesi

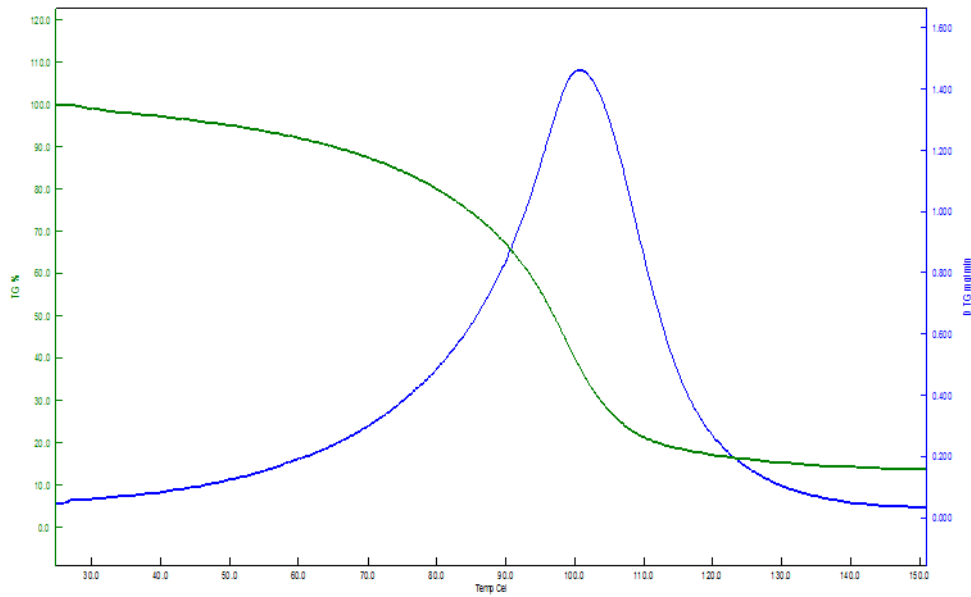
Donabilen su miktarı DSC termogramında belirlenen  $\Delta H$  değeri ve buzun erime ısısından (334 J/g) yola çıkılarak hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Donabilen Su} = \frac{\Delta H}{334} \times 100 \quad (4.1)$$

$$\% \text{ Donmayan Su} = \% \text{ Nem} - \% \text{ Donabilen Su} \quad (4.2)$$

#### 4.5. Termogravimetrik Analiz (TGA)

Örneklerin ağırlık kaybı Extar 6300 TGA (Seiko, Japan) ile belirlenmiştir. Seramik kaba tartılan örnek (10mg), 5°C/dak ısıtma hızı ile 25°C'den 150°C'ye ısıtılmıştır. Elde edilen termogramdan  $T_{\text{başlangıç}}$ ,  $T_{\text{pik}}$ , ve  $T_{\text{bitiş}}$  sıcaklıkları ile kütle kaybı miktarları belirlenmiştir.



Şekil 4.2. %1 Konsantrasyondaki CMC'nin TGA termogramı

#### 4.6. Viskozite Tayini

Viskozite analizi Brookfield marka viskozimetre cihazı ile 20-25°C'de 20 rpm'de 4mm spindle ile okuma yapılmıştır.

#### 4.7. İstatistiksel Analizler

Analizler en az 3 paralelli olarak yürütölmüş olup, elde edilen verilerin istatistiksel olarak değeriendirilmesinde SPSS® paket programı (ver.23, IBM, ABD) kullanılmıştır. Veriler, çift yönlü varyans (ANOVA) analize tabi tutulmuş ve istatistiksel olarak önemli bulunan ortamlar arasındaki farklılıklar, Duncan çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir. ANOVA ve Duncan testleri %5 önem seviyesinde test edilmiştir.



## 5. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

### 5.1. DSC T<sub>Başlangıç</sub> Sıcaklığı

Araştırma hidrokolloidler ile hazırlanan süt bazlı örneklerin T<sub>Başlangıç</sub> sıcaklık değerleri Çizelge 5.1’de verilmiştir. Örneklerin T<sub>Başlangıç</sub> sıcaklıkları –5.91 - –4.82°C arasında değişiklik göstermiştir. En düşük değer %1.0 konsantrasyonda CMC’de en yüksek değer ise kontrol örneğinde elde edilmiştir.

T<sub>Başlangıç</sub> sıcaklığı üzerine sadece konsantrasyon seviyelerinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Hidrokolloidlerden bağımsız olarak konsantrasyonlar kıyaslandığında %0.25 ve %0.50 konsantrasyondaki başlangıç sıcaklık değerleri benzer özellikler göstermiştir ( $p\geq 0.05$ ).

DSC termogram grafiğinde belirlenen T<sub>başlangıç</sub> sıcaklığı buz haldeki suyun sıvı hale geçiş sıcaklığıdır. Donmuş ürünlerin kalitesinde ve depolama kararlılığında önemli rol oynamaktadır. Elde edilen veriler hidrokolloidlerin eklenmesi ile T<sub>başlangıç</sub> sıcaklık değerinin azaldığını göstermiştir. Bu durum hidrokolloidlerin eklenmesinin buz oluşumunu geciktirdiğini göstermiştir. CMC, kullanılan diğer hidrokolloidlere göre T<sub>başlangıç</sub> sıcaklığında en fazla düşüşe neden olmuştur.

Çizelge 5.1. Hidrokolloidlerin DSC’de T<sub>Başlangıç</sub> sıcaklığı üzerine etkileri

Konsantrasyon	T <sub>Başlangıç</sub> (°C)						
	CMC	GG	KG	LBG	SA	SL	Ort
0.00	-4.82	-4.82	-4.82	-4.82	-4.82	-4.82	-4.82 <sup>c</sup>
0.25	-5.58	-5.60	-5.42	-5.49	-5.54	-5.54	-5.53 <sup>b</sup>
0.50	-5.49	-5.61	-5.48	-5.52	-5.58	-5.63	-5.55 <sup>b</sup>
0.75	-5.69	-5.62	-5.61	-5.57	-5.64	-5.64	-5.63 <sup>ab</sup>
1.00	-5.91	-5.65	-5.62	-5.63	-5.66	-5.64	-5.68 <sup>a</sup>
<b>Ort</b>	-5.49	-5.46	-5.45	-5.45	-5.40	-5.39	

Kısaltmalar: CMC, Karboksimetil selüloz; GG, Guar gam; KG, Ksantan gam; LBG, Locust bean gam, SA, Sodyum aljinat; SL, Salep.

Aynı sütunda verilen ‘a-c’ serisi konsantrasyonlar ortalamaları arasında istatistiksel olarak farklılıkları belirtmektedir ( $p<0.05$ ).

Moleküller arası etkileşim sonucu oluşan van der waals kuvvetleri molekül kütlelerinin artması ve moleküldeki elektronların yer değiştirmeleri sonucunda büyürler. Bu kuvvetler ayrıca molekül şekillerine de bağlıdır. Elektronlar molekül ne kadar düzlemsel ise o kadar kolay yer değiştirirler ve moleküllerin daha düşük sıcaklıklarda kristalize olmasına sebebiyet verirler (Petrucci ve ark., 2007). CMC'nin molekül yapısı doğrusal ve molekül ağırlığı hidrokolloidlerin içinde en yüksek molekül ağırlığına sahiptir. Bu sebepten  $T_{başlangıç}$  sıcaklığını en fazla düşüren hidrokolloid olarak saptanmıştır.

## 5.2. DSC $T_{Pik}$ Sıcaklığı

Araştırma kapsamında farklı konsantrasyonlarda farklı hidrokolloidler eklenerek hazırlanan süt bazlı örneklerin  $T_{Pik}$  sıcaklık değerleri Çizelge 5.2'de verilmiştir. Hidrokolloid çeşidi x konsantrasyon seviyesi interaksiyonu  $T_{Pik}$  sıcaklığı üzerine istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ).

Çizelge 5.2. Hidrokolloidlerin DSC'de  $T_{Pik}$  sıcaklığı üzerine etkileri

Konsantrasyon	$T_{Pik}$ (°C)					
	CMC	GG	KG	LBG	SA	SL
0.00	3.50 <sup>Ad</sup>	3.50 <sup>Ac</sup>	3.50 <sup>Ab</sup>	3.50 <sup>Ab</sup>	3.50 <sup>Ac</sup>	3.50 <sup>Ac</sup>
0.25	2.59 <sup>Ac</sup>	2.63 <sup>Aab</sup>	2.42 <sup>Aa</sup>	3.15 <sup>Bab</sup>	3.15 <sup>Bb</sup>	2.49 <sup>Aa</sup>
0.5	2.54 <sup>Ac</sup>	2.64 <sup>Aab</sup>	2.47 <sup>Aa</sup>	3.42 <sup>Cab</sup>	3.03 <sup>Bb</sup>	2.99 <sup>Bb</sup>
0.75	1.78 <sup>Ab</sup>	2.39 <sup>Ba</sup>	3.32 <sup>Cb</sup>	3.05 <sup>Ca</sup>	2.64 <sup>Ba</sup>	2.61 <sup>Bab</sup>
1.00	1.49 <sup>Aa</sup>	2.77 <sup>Bb</sup>	3.27 <sup>CDb</sup>	3.05 <sup>BCa</sup>	3.07 <sup>BCb</sup>	3.48 <sup>Dc</sup>

Kısaltmalar: CMC, Karboksimetil selüloz; GG, Guar gam; KG, Ksantan gam; LBG, Locust bean gam, SA, Sodyum aljinat; SL, Salep.

Aynı satırda verilen 'A-D' serisi hidrokolloidler ve aynı sütunda verilen 'a-d' serisi konsantrasyonlar ortalamaları arasında istatistiksel olarak farklılıkları belirtmektedir ( $p < 0.05$ ).

Süt bazlı örneklerin  $T_{Pik}$  sıcaklık değerleri 1.49-3.50°C arasında değişiklik göstermiştir. Hidrokolloidlerin eklenmesi ile pik sıcaklığının düştüğü görülmüştür. En düşük değer CMC'de, en yüksek değer ise kontrol örneğinde saptanmıştır. %0.25 konsantrasyonda ksantan gam ve salep benzer, %0.50 konsantrasyonda sodyum aljinat ve salep benzer özellikler göstermiştir ( $p \geq 0.05$ ). %0.75 konsantrasyonda guar gam ve sodyum aljinat benzer

özellikler göstermiştir ( $p \geq 0.05$ ). CMC, guar gam, ksantan gam ve sodyum aljinat'ta %0.25 ve %0.50 konsantrasyonlar benzer etkiler göstermiştir.

### 5.3. DSC T<sub>Bitiş</sub> Sıcaklığı

Araştırma kapsamında farklı konsantrasyonlarda farklı hidrokolloidler eklenerek hazırlanan süt bazlı örneklerin T<sub>Bitiş</sub> sıcaklık değerleri Çizelge 5.3'de verilmiştir. Hidrokolloid çeşidi x konsantrasyon seviyesi interaksyonu T<sub>Bitiş</sub> sıcaklığı üzerine istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $p \geq 0.05$ ). Hidrokolloidler ve konsantrasyonlar ayrı olarak değerlendirildiğinde aralarındaki farkların istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır ( $p < 0.05$ ).

Süt bazlı örneklerin T<sub>Bitiş</sub> sıcaklık değerleri 5.42-7.11°C arasında değişiklik göstermiştir. Hidrokolloidlerin eklenmesi ile bitiş sıcaklığının yükseldiği görülmüştür. En yüksek değer CMC'de, en düşük değer ise kontrol grubunda saptanmıştır. T<sub>Bitiş</sub> sıcaklığı üzerine LBG ve CMC'nin etkilerinin benzer ( $p \geq 0.05$ ) fakat yine birbirlerine benzer etki gösteren guar gam, ksantan gam, sodyum aljinat ve salebe göre farklı olduğu bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Hidrokolloidlerin konsantrasyonları %0.25'ten %0.75'e çıkarılması T<sub>Bitiş</sub> sıcaklığında artışa neden olmuştur ( $p < 0.05$ ). Ancak, %0.75'in üzerinde elde edilen artışların istatistiksel olarak önemsiz olduğu görülmüştür ( $p \geq 0.05$ ).

Çizelge 5.3. Hidrokolloidlerin DSC T<sub>Bitiş</sub> sıcaklığına etkileri

Konsantrasyon	T <sub>Bitiş</sub> (°C)						Ort
	CMC	GG	KG	LBG	SA	SL	
0.00	5.42	5.42	5.42	5.42	5,42	5.42	5.42 <sup>a</sup>
0.25	6.41	5.86	6.11	6.57	5,57	5.98	6.08 <sup>b</sup>
0.50	6.81	6.22	6.11	6.66	6.66	6.71	6.53 <sup>c</sup>
0.75	6.81	6.70	6.52	6.90	6.78	6.71	6.73 <sup>d</sup>
1.00	7.11	6.53	7.01	7.09	6.82	6.79	6.89 <sup>d</sup>
<b>Ort</b>	6.51 <sup>B</sup>	6.14 <sup>A</sup>	6.23 <sup>A</sup>	6.52 <sup>B</sup>	6.25 <sup>A</sup>	6.32 <sup>AB</sup>	

Kısaltmalar: CMC, Karboksimetil selüloz; GG, Guar gam; KG, Ksantan gam; LBG, Locust bean gam, SA, Sodyum aljinat; SL, Salep.

Aynı satırda verilen 'A-B' serisi hidrokolloidler ve aynı sütunda verilen 'a-d' serisi konsantrasyonlar ortalamaları arasında istatistiksel olarak farklılıkları belirtmektedir ( $p < 0.05$ ).

Doğrusal polimer zincir yapısı ve yüksek moleküler ağırlığı yüksek kristallilik elde etmek açısından çok önemlidir. Sonlanma sıcaklığı molekül yapısı ve molekülün doğrusal yapısına ve kütesine bağlı olarak en yüksek değer CMC de saptanmıştır. LBG, CMC, gam arabik ve karragenan kullanılarak elde edilen hamurlarda yapılan DSC analiz sonuçlarına göre bitiş sıcaklıklarında en fazla artışın CMC'nin kullanıldığı hamurlarda saptanmıştır (Sharadanant ve Khan, 2003).

#### 5.4. Delta H ( $\Delta H$ )

Entalpi veya dondurucu endoterm pikin altındaki alan olarak hesaplanan J/g cinsinden değer, mevcut olan dondurulabilir suyun bir göstergesidir. Pikin altında kalan alan tepkimede absorplanan veya verilen ısı ile doğru orantılı iken, pik yüksekliği de tepkime hızı ile doğru orantılıdır.  $\Delta H$  pozitif ise, numune ısıtıcısına ısı eklenir ve pozitif bir sinyal gözlenir. Farklı hidrokolloidler içeren süt bazlı örneklerin  $\Delta H$  değerleri Çizelge 5.4'de verilmiştir. Çift yönlü varyans analizine göre, hidrokolloid çeşidi konsantrasyon seviyesi interaksiyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

Çizelge 5.4. Hidrokolloidler  $\Delta H$  değerlerine etkileri

Konsantrasyon	$\Delta H$ (J/g)					
	CMC	GG	KG	LBG	SA	SL
0.00	298.04 <sup>Ad</sup>	298.04 <sup>Ad</sup>	298.04 <sup>Ad</sup>	298.04 <sup>Ac</sup>	298.04 <sup>Ac</sup>	298.04 <sup>Ad</sup>
0.25	282.83 <sup>Ac</sup>	289.82 <sup>Bc</sup>	285.06 <sup>Ac</sup>	285.14 <sup>Ab</sup>	283.85 <sup>Ab</sup>	291.77 <sup>Bc</sup>
0.5	282.28 <sup>Bc</sup>	283.41 <sup>BCb</sup>	274.47 <sup>Ab</sup>	275.24 <sup>Aa</sup>	287.29 <sup>Db</sup>	286.36 <sup>CDb</sup>
0.75	269.36 <sup>Ab</sup>	271.10 <sup>Ba</sup>	273.89 <sup>Cab</sup>	275.21 <sup>Ca</sup>	285.94 <sup>Eb</sup>	282.21 <sup>Da</sup>
1.00	265.58 <sup>Aa</sup>	272.97 <sup>Ba</sup>	272.11 <sup>Ba</sup>	273.59 <sup>BCa</sup>	276.78 <sup>Ca</sup>	280.73 <sup>Da</sup>

Kısaltmalar: CMC, Karboksimetil selüloz; GG, Guar gam; KG, Ksantan gam; LBG, Locust bean gam, SA, Sodyum aljinat; SL, Salep.

Aynı satırda verilen 'A-E' serisi hidrokolloidler ve aynı sütunda verilen 'a-d' serisi konsantrasyonlar ortalamaları arasında istatistiksel olarak farklılıkları belirtmektedir ( $p<0.05$ ).

Süt bazlı örneklerin  $\Delta H$  değerleri 265.58-298.04 J/g arasında değişiklik göstermiştir. Hidrokolloid konsantrasyonu arttıkça  $\Delta H$  değerinin azaldığı görülmüştür. Bu azalma hidrokolloid çeşidine göre farklılık göstermiştir. En yüksek  $\Delta H$  değeri kontrol grubunda, en

düşük  $\Delta H$  değeri, %1.00 konsantrasyonda CMC'de elde edilmiştir. CMC'yi %1.00 konsantrasyon değerinde guar gam ve ksantan gam benzer özellikler göstererek takip etmişlerdir. Salep %0.75 ve %1.00 konsantrasyon değerinde benzer özellik göstererek en yüksek değeri vermiştir ( $p>0.05$ ).

$\Delta H$  değerinin hidrokolloid eklenmesi ile düşüş göstermesi, donabilen su miktarının azalmış olduğunu göstermektedir. Nitekim en yüksek  $\Delta H$  değerinin kontrol grubunda saptanması bu durumu desteklemektedir. Genel olarak hidrokolloidlerin konsantrasyonlarının belirli bir düzeye kadar arttırılması,  $\Delta H$  değerinde düşmeye neden olmuştur.

Kappa karragenan, ksantan gam ve gam arabik ilavesi (%2, 4 ve 8) ile yapılan tavuk göğüs etlerinde DSC kullanılarak kristalizasyon sıcaklıkları ve kristalizasyon entalpi değerleri belirlenmiştir. Konsantrasyon artışı ile birlikte  $\Delta H$  değerinin azaldığı saptanmıştır. En yüksek entalpi değeri kontrol grubunda bulunmuştur. Hidrokolloidler içerisinde entalpi değerini en fazla düşüren ksantan gam olmuştur. En düşük entalpi değeri ksantan gam'ın %8 konsantrasyon değerinde saptanmıştır (Akköse, 2018).

Guar gam ve ksantan gam'ın termal özelliklerinin incelendiği bir çalışmada saf su ile hazırlanan örneklerin kristalizasyon piklerinde en düşük  $\Delta H$  değeri (94 J/g) k-karragenanda görülmüştür. Bu değeri 169 J/g ile guar gam ve 171.7 J/g ile ksantan gam izlemiştir. (Valenta ve ark., 2018). Yapılan çalışmada ölçülen  $\Delta H$  değerleri literatürdeki değerler ile kıyaslandığında daha yüksek bulunmuştur. Bu durumun sebebi belirlenen metotların farklılıkları ve örneklerin bileşimlerinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

## 5.5. Donmayan Su

Farklı hidrokolloidler içeren süt bazlı örneklerin donmayan su değerleri Çizelge 5.5'de verilmiştir. Çift yönlü varyans analizine göre, hidrokolloid çeşidi konsantrasyon seviyesi interaksyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

Farklı hidrokolloidler eklenerek hazırlanan süt bazlı örneklerin donmayan su değerleri %0.32-10.04 arasında değişiklik göstermiştir. En düşük değer kontrol örneğinde, en yüksek değer CMC'de saptanmıştır. Konsantrasyon seviyesi arttıkça donmayan su miktarı artmış, bu artış üzerine hidrokolloid çeşitlerinin etkileri istatistiksel olarak farklı olmuştur ( $p<0.05$ ).

CMC, %1.00'lik konsantrasyonda en fazla donmayan su miktarını vermiştir. Donmayan su miktarında en az değişikliğe neden olan ise salep olmuştur. %1.00 konsantrasyon değerinde CMC'yi guar gam, ksantan gam ve LBG benzer etkiler göstererek takip etmişlerdir. ( $p>0.05$ ). Hidrokolloidlerin içinde en düşük konsantrasyonda en yüksek etkiye sahip olan CMC olmuştur. Sodyum aljinatın %0.25, %0.50 ve %0.75 konsantrasyon değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $p>0.05$ ). Salep, guar gam, ksantan gam ve LBG 'de ise konsantrasyon etkisi %0.75'ten sonra önemsiz bulunmuştur ( $p>0.05$ ). Su tutma kapasitesi üzerine yapılan bir çalışmada farklı konsantrasyonlarda (%0,25, %0.50, 0.75, ve 1.0) eklenen hidrokolloidlerin (aljinat, CMC, guar gam, LBG) konsantrasyon oranının artışına bağlı olarak artırdığı tespit edilmiştir (Sungur ve Ercan, 2011).

Metil selüloz ve CMC tipik olarak suyu sıkıca bağlar ve mevcut serbest su miktarını azaltır. Bu nedenle, metil selüloz ve CMC'nin etkileri, hidrokolloid sistemlerde donmayan suyun artışına neden olmaktadır. (Gao ve Vodovotz, 2005).

Çizelge 5.5. Hidrokolloidlerin donmayan su değerleri üzerine etkileri

Konsantrasyon	Donmayan su (%)					
	CMC	GG	KG	LBG	SA	SL
0.00	0.32 <sup>Aa</sup>	0.32 <sup>Aa</sup>	0.32 <sup>Aa</sup>	0.32 <sup>Aa</sup>	0.32 <sup>Aa</sup>	0.32 <sup>Aa</sup>
0.25	4.88 <sup>Bb</sup>	2.78 <sup>Ab</sup>	4.21 <sup>Bb</sup>	4.18 <sup>Bb</sup>	4.57 <sup>Bb</sup>	2.20 <sup>Ab</sup>
0.50	5.04 <sup>Cb</sup>	4.70 <sup>BCc</sup>	7.38 <sup>Dc</sup>	7.14 <sup>Dc</sup>	3.54 <sup>Ab</sup>	3.81 <sup>ABc</sup>
0.75	8.91 <sup>Ec</sup>	8.39 <sup>Dd</sup>	7.55 <sup>Ccd</sup>	7.15 <sup>Cc</sup>	3.94 <sup>Ab</sup>	5.06 <sup>Bd</sup>
1.00	10.04 <sup>Dd</sup>	7.83 <sup>Cd</sup>	8.08 <sup>Cd</sup>	7.64 <sup>BCc</sup>	6.68 <sup>Bc</sup>	5.50 <sup>Ad</sup>

Kısaltmalar: CMC, Karboksimetil selüloz; GG, Guar gam; KG, Ksantan gam; LBG, Locust bean gam, SA, Sodyum aljinat; SL, Salep.

Aynı satırda verilen 'A-E' serisi hidrokolloidler ve aynı sütunda verilen 'a-d' serisi konsantrasyonlar ortalamaları arasında istatistiksel olarak farklılıkları belirtmektedir ( $p<0.05$ ).

## 5.6. TGA T<sub>Başlangıç</sub> Sıcaklığı

Farklı hidrokolloidler eklenerek hazırlanan süt bazlı örneklerin T<sub>başlangıç</sub> sıcaklık değerleri Çizelge 5.6'da verilmiştir. Çift yönlü varyans analizine göre, hidrokolloid çeşidi

konsantrasyon seviyesi interaksyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

Farklı hidrokolloidler eklenerek hazırlanan süt bazlı örneklerin  $T_{\text{başlangıç}}$  sıcaklık değerleri 55.20-98.05°C arasında değişiklik göstermiştir. En düşük değer kontrol örneğinde, en yüksek değer %1.00 konsantrasyonda CMC’de, en düşük değer kontrol grubunda saptanmıştır. %0.25 konsantrasyonda guar gam ve sodyum aljinat benzer özellik göstermişlerdir ( $p\geq 0.05$ ). Tüm hidrokolloidler için konsantrasyonlarındaki artışa paralel olarak  $T_{\text{başlangıç}}$  sıcaklıkları artış göstermiştir ( $p<0.05$ ). Ancak bu yükseliş, ksantan gam ve salepte %0.75’den sonra önemsiz düzeylerde kalmıştır ( $p\geq 0.05$ ).

Çizelge 5.6. TGA  $T_{\text{Başlangıç}}$  sıcaklık değerleri üzerine etkileri

Konsantrasyon	$T_{\text{Başlangıç}}$ (°C)					
	CMC	GG	KG	LBG	SA	SL
0.00	55.20 <sup>Aa</sup>	55.20 <sup>Aa</sup>	55.20 <sup>Aa</sup>	55.20 <sup>Aa</sup>	55.20 <sup>Aa</sup>	55.20 <sup>Aa</sup>
0.25	83.80 <sup>Eb</sup>	69.40 <sup>Db</sup>	64.35 <sup>Cb</sup>	62.10 <sup>Bb</sup>	69.55 <sup>Db</sup>	60.95 <sup>Ab</sup>
0.50	90.85 <sup>Fc</sup>	70.55 <sup>Dc</sup>	69.85 <sup>Cc</sup>	68.60 <sup>Bc</sup>	72.05 <sup>Ec</sup>	64.30 <sup>Ac</sup>
0.75	94.00 <sup>Ed</sup>	75.30 <sup>Cd</sup>	72.45 <sup>Ad</sup>	76.80 <sup>Dd</sup>	74.45 <sup>Bd</sup>	72.05 <sup>Ad</sup>
1.00	98.05 <sup>Ee</sup>	84.35 <sup>De</sup>	72.75 <sup>Ad</sup>	77.70 <sup>Ce</sup>	76.05 <sup>Be</sup>	72.25 <sup>Ad</sup>

Kısaltmalar: CMC, Karboksimetil selüloz; GG, Guar gam; KG, Ksantan gam; LBG, Locust bean gam, SA, Sodyum aljinat; SL, Salep.

Aynı satırda verilen ‘A-F’ serisi hidrokolloidler ve aynı sütunda verilen ‘a-e’ serisi konsantrasyonlar ortalamaları arasında istatistiksel olarak farklılıkları belirtmektedir ( $p<0.05$ ).

Polarizasyon kabiliyeti arttıkça dağılma kuvvetleri güçlenir ve polarizasyon kabiliyeti kütle artması ile artar. Moleküllerin içerdiği elektron miktarı arttıkça polar olma kabiliyeti de artar. Bu doğrultuda moleküler maddelerin buharlaşma noktaları genellikle artan moleküler kütle ile artar. Dağılma kuvvetlerinin gücü ayrıca molekül şekline bağlı olarak değişir. Molekül ne kadar düzlemsel ve molekül ne kadar dipol ise molekülün buharlaşmaya başladığı nokta o denli yüksektir. Elektronlar molekül ne kadar düzlemsel ise o kadar kolay yer değiştirirler ve daha polarize edilebilir hale gelirler (Petrucci ve ark.,2007).

Bu veriler doğrultusunda; Elde edilen sonuçlara göre en yüksek başlangıç sıcaklığına sahip hidrokolloid CMC olmuştur. CMC molekülünde her bir monomerde -OH gruplarının

olması ve farklı zincirde bulunan OH grupları ile hidrojen bağı oluşturacak şekilde bağlanması, iyonlanmış karboksil grupları nedeni ile negatif yüklü ve bükülmez yani düzlemsel özellikte moleküllere sahip olmaları CMC'nin en yüksek başlangıç sıcaklığı vermesini desteklemektedir.

### 5.7. TGA T<sub>pik</sub> Sıcaklığı

Farklı hidrokolloidler eklenerek hazırlanan süt bazlı örneklerin T<sub>pik</sub> sıcaklık değerleri Çizelge 5.7'de verilmiştir. Çift yönlü varyans analizine göre, hidrokolloid çeşidi konsantrasyon seviyesi etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ).

Farklı konsantrasyonlarda farklı hidrokolloidler eklenerek hazırlanan süt bazlı örneklerin T<sub>pik</sub> sıcaklık değerleri 72.50°C-104.60°C arasında değişiklik göstermiştir. En düşük değer kontrol grubunda, en yüksek değer %1.00'lik CMC'de saptanmıştır. %0.25, %0.50 konsantrasyonda tüm hidrokolloidlerde konsantrasyon etkisi benzer ( $p \geq 0.05$ ), %0.75 ve %1.00 konsantrasyon değerinde CMC, guar gam, LBG, sodyum aljinat' da konsantrasyon etkisi benzer olarak bulunmuştur ( $p \geq 0.05$ ).

Çizelge 5.7. TGA T<sub>pik</sub> sıcaklık değerleri üzerine etkileri

Konsantrasyon	T <sub>pik</sub> (°C)					
	CMC	GG	KG	LBG	SA	SL
0.00	72.50 <sup>Aa</sup>	72.50 <sup>Aa</sup>	72.50 <sup>Aa</sup>	72.50 <sup>Aa</sup>	72.50 <sup>Aa</sup>	72.50 <sup>Aa</sup>
0.25	101.25 <sup>Fb</sup>	90.05 <sup>Db</sup>	84.20 <sup>Bb</sup>	86.50 <sup>Cb</sup>	90.60 <sup>Eb</sup>	83.25 <sup>Ab</sup>
0.50	102.35 <sup>Ebc</sup>	92.70 <sup>Cc</sup>	84.75 <sup>Bb</sup>	95.75 <sup>Dc</sup>	92.55 <sup>Cc</sup>	84.15 <sup>Ac</sup>
0.75	103.00 <sup>Ec</sup>	93.90 <sup>Bd</sup>	93.75 <sup>ABc</sup>	100.10 <sup>Dd</sup>	96.85 <sup>Cd</sup>	92.60 <sup>Ad</sup>
1.00	104.60 <sup>Ed</sup>	100.05 <sup>Ce</sup>	95.25 <sup>Ad</sup>	100.75 <sup>Dd</sup>	97.35 <sup>Bd</sup>	95.25 <sup>Ae</sup>

Kısaltmalar: CMC, Karboksimetil selüloz; GG, Guar gam; KG, Ksantan gam; LBG, Locust bean gam, SA, Sodyum aljinat; SL, Salep.

Aynı satırda verilen 'A-E' serisi hidrokolloidler ve aynı sütunda verilen 'a-d' serisi konsantrasyonlar ortalamaları arasında istatistiksel olarak farklılıkları belirtmektedir ( $p < 0.05$ ).

T<sub>pik</sub> sıcaklığı hidrokolloid konsantrasyonu arttıkça yükselmiş, ancak bu yükseliş, LBG'de, %0.75'den sonra önemsiz düzeylerde kalmıştır ( $p \geq 0.05$ ). %0.75 konsantrasyondan sonra LBG ve sodyum aljinat'ta konsantrasyon etkisi önemsiz bulunmuştur ( $p \geq 0.05$ ). %0.50 konsantrasyonda sodyum aljinat ve guar gam arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz

bulunmuştur ( $p<0.05$ ). %0.25 ve %1.00 konsantrasyon değerlerinde en düşük pik sıcaklık değeri salepte saptanmıştır.  $T_{pik}$  sıcaklığında en fazla yükselmeye neden olan hidrokolloid CMC olmuştur.

İyonlar veya moleküller arasındaki en güçlü kuvvetlerden biri zıt yüklü elektrostatik çekimden kaynaklanmaktadır. Bu tip moleküller arası kuvvetler, buharlaşma noktasının yüksek olmasına sebebiyet vermektedir. Kısaca birim hücre içinde ne kadar çok moleküller arası çekim kuvveti varsa pik sıcaklık değeri yüksek olur (Petrucci ve ark., 2007) Sonuçlara göre en yüksek pik sıcaklığı CMC’de olmuştur. CMC’nin molekülünün doğrusal ve moleküller arası bağlarının kuvvetli olmasından dolayı hal değişimi daha yüksek sıcaklıklara ötelenmiştir.

### 5.8. TGA $T_{Bitiş}$ Sıcaklığı

Hidrokolloidler ile hazırlanan süt bazlı örneklerin  $T_{Bitiş}$  sıcaklık değerleri Çizelge 5.8’de verilmiştir. Çift yönlü varyans analizine göre, hidrokolloid x konsantrasyon interaksyonu önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

Çizelge 5.8. TGA  $T_{Bitiş}$  sıcaklık değerleri üzerine etkileri

Konsantrasyon	$T_{Bitiş}$ (°C)					
	CMC	GG	KG	LBG	SA	SL
0.00	80.00 <sup>Aa</sup>	80.00 <sup>Aa</sup>	80.00 <sup>Aa</sup>	80.00 <sup>Aa</sup>	80.00 <sup>Aa</sup>	80.00 <sup>Aa</sup>
0.25	105.30 <sup>Eb</sup>	96.35 <sup>Cb</sup>	93.70 <sup>Bb</sup>	96.25 <sup>Cb</sup>	97.15 <sup>Db</sup>	91.35 <sup>Ab</sup>
0.50	107.65 <sup>Fc</sup>	98.50 <sup>Dc</sup>	94.15 <sup>Bb</sup>	96.60 <sup>Cb</sup>	99.15 <sup>Ec</sup>	92.60 <sup>Ab</sup>
0.75	107.85 <sup>Fc</sup>	100.65 <sup>Bd</sup>	102.35 <sup>Cc</sup>	106.90 <sup>Ec</sup>	103.55 <sup>Dd</sup>	95.30 <sup>Ac</sup>
1.00	109.10 <sup>Fc</sup>	107.85 <sup>Ee</sup>	102.60 <sup>Bc</sup>	107.20 <sup>Dc</sup>	103.75 <sup>Cd</sup>	100.35 <sup>Ad</sup>

Kısaltmalar: CMC, Karboksimetil selüloz; GG, Guar gam; KG, Ksantan gam; LBG, Locust bean gam, SA, Sodyum aljinat; SL, Salep.

Aynı satırda verilen ‘A-F’ serisi hidrokolloidler ve aynı sütunda verilen ‘a-d’ serisi konsantrasyonlar ortalamaları arasında istatistiksel olarak farklılıkları belirtmektedir ( $p<0.05$ ).

Örneklerin  $T_{Bitiş}$  sıcaklıkları 80.00-109.10°C arasında değişiklik göstermiştir. En düşük değer kontrol örneğinde, en yüksek değer ise %1’lik CMC’de saptanmıştır. Konsantrasyon artışına bağlı olarak  $T_{Bitiş}$  sıcaklık değerlerinin arttığı belirlenmiştir.

%0.25'lik konsantrasyonda en yüksek bitiş sıcaklık değerine sahip CMC olmuştur bu değeri benzer özellik gösteren guar gam, LBG takip etmiştir ( $p \geq 0.05$ ). %1.00 konsantrasyon değerinde en yüksek bitiş sıcaklık değeri CMC'de saptanmıştır.

Ksantan gam, LBG ve salep'de %0.25 ve %0.50 konsantrasyonlar benzer özellik göstermiştir ( $p \geq 0.05$ ). CMC'de %0.75'den sonra bitiş sıcaklıklarındaki artış önemsiz kalmıştır ( $p \geq 0.05$ ). Ksantan gam, LBG, ve SL'de %0.25 ve %0.50 konsantrasyon değerleri benzer özellikler göstermişlerdir.

### 5.9. TGA Kütle Kaybı

Araştırma kapsamında farklı konsantrasyonlarda farklı hidrokolloidler eklenerek hazırlanan süt bazlı örneklerin kütle kaybı değerleri Çizelge 5.9'da verilmiştir. Çift yönlü varyans analizine göre, hidrokolloid çeşidi x konsantrasyon seviyesi interaksyonunun TGA kütle kaybı etkisi üzerinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ).

Çizelge 5.9. Hidrokolloidlerin TGA kütle kaybı değeri üzerine etkileri

Konsantrasyon (%)	Kütle kaybı (%)					
	CMC	GG	KG	LBG	SA	SL
0.00	89.55 <sup>Ae</sup>	89.55 <sup>Ae</sup>	89.55 <sup>Ad</sup>	89.55 <sup>Ae</sup>	89.55 <sup>Ad</sup>	89.55 <sup>Ae</sup>
0.25	86.90 <sup>Ad</sup>	86.95 <sup>ABd</sup>	87.05 <sup>ABc</sup>	87.00 <sup>ABd</sup>	87.20 <sup>ABc</sup>	87.35 <sup>Bd</sup>
0.50	86.15 <sup>Ac</sup>	86.55 <sup>Bc</sup>	86.95 <sup>Cc</sup>	86.65 <sup>Bc</sup>	86.90 <sup>Cc</sup>	86.95 <sup>Cc</sup>
0.75	84.85 <sup>Ab</sup>	85.60 <sup>BCb</sup>	85.70 <sup>BCb</sup>	85.35 <sup>Bb</sup>	85.65 <sup>BCb</sup>	85.85 <sup>Cb</sup>
1.00	83.30 <sup>Aa</sup>	83.95 <sup>Ba</sup>	84.40 <sup>Ca</sup>	84.30 <sup>BCa</sup>	84.55 <sup>Ca</sup>	84.65 <sup>Ca</sup>

Kısaltmalar: CMC, Karboksimetil selüloz; GG, Guar gam; KG, Ksantan gam; LBG, Locust bean gam, SA, Sodyum aljinat; SL, Salep.

Aynı satırda verilen 'A-C' serisi hidrokolloidler ve aynı sütunda verilen 'a-e' serisi konsantrasyonlar ortalamaları arasında istatistiksel olarak farklılıkları belirtmektedir ( $p < 0.05$ ).

Süt bazlı örneklerin kütle kaybı değerleri %83.30-89.55 arasında değişiklik göstermiştir. En düşük değer %1.00'lik CMC'de, en yüksek değer ise kontrol örneğinde saptanmıştır. Konsantrasyon artışına bağlı olarak kütle kaybı değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Hidrokolloidler genel olarak kıyaslandığında %0.25 konsantrasyonda guar gam, ksantan gam, LBG ve sodyum aljinat benzer özellikler göstermişlerdir ( $p \geq 0.05$ ). %0.50 konsantrasyonda en yüksek kütle kaybı değeri, benzer özellik gösteren ksantan gam, sodyum

aljinat ve salepte saptanmıştır ( $p \geq 0.05$ ). %0.50 konsantrasyonda en düşük kütle kaybı ise CMC’de görülmüş, bu değeri benzer özellik gösteren guar gam ve LBG izlemiştir ( $p \geq 0.05$ ). %0.50 konsantrasyonda en yüksek kütle kaybı benzer özellik gösteren ksantan gam, sodyum aljinat, salepte belirlenmiştir ( $p \geq 0.05$ ). %0.75 konsantrasyon değerinde guar gam, ksantan gam ve sodyum aljinat benzer özellikler göstermiştir. %1.0 konsantrasyonda en yüksek kütle kaybı benzer özellik gösteren ksantan gam, LBG, sodyum aljinat ve salep’te saptanmıştır ( $p \geq 0.05$ ). %1.0 konsantrasyonda en düşük değer ise CMC’de belirlenmiş, bu değeri farklı özellik gösteren guar gam izlemiştir ( $p < 0.05$ ).

### 5.10. Viskozite

Farklı hidrokolloidler eklenerek hazırlanan süt bazlı örneklerin viskozite değerleri Çizelge 5.10’da verilmiştir. Çift yönlü varyans analizine göre, hidrokolloid çeşidi x konsantrasyon seviyesi interaksyonunun viskozite üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ).

Çizelge 5.10. Viskozite değerlerine ilişkin verilerin dağılımı

Konsantrasyon	Viskozite					
	CMC	GG	KG	LBG	SA	SL
0.00	2.25 <sup>Aa</sup>	2.25 <sup>Aa</sup>	2.25 <sup>Aa</sup>	2.25 <sup>Aa</sup>	2.25 <sup>Aa</sup>	2.25 <sup>Aa</sup>
0.25	121.00 <sup>Fb</sup>	89.50 <sup>Eb</sup>	66.50 <sup>Cb</sup>	70.50 <sup>Db</sup>	59.50 <sup>Bb</sup>	51.00 <sup>Ab</sup>
0.50	1830.00 <sup>Fc</sup>	1230.00 <sup>Ec</sup>	370.50 <sup>Cc</sup>	483.50 <sup>Dc</sup>	299.00 <sup>Bc</sup>	139.50 <sup>Ac</sup>
0.75	4102.50 <sup>Fd</sup>	3501.00 <sup>Ed</sup>	2101.50 <sup>Cd</sup>	2502.50 <sup>Dd</sup>	2002.00 <sup>Bd</sup>	706.00 <sup>Ad</sup>
1.00	8397.50 <sup>Fe</sup>	6297.50 <sup>Ee</sup>	5602.50 <sup>Ce</sup>	6201.00 <sup>De</sup>	5200.50 <sup>Be</sup>	2373.50 <sup>Ae</sup>

Kısaltmalar: CMC, Karboksimetil selüloz; GG, Guar gam; KG, Ksantan gam; LBG, Locust bean gam, SA, Sodyum aljinat; SL, Salep. Aynı satırda verilen ‘A-F’ serisi hidrokolloidler ve aynı sütunda verilen ‘a-e’ serisi konsantrasyonlar ortalamaları arasında istatistiksel olarak farklılıkları belirtmektedir ( $p < 0.05$ ).

Örneklerin viskozite değerleri 2.25-8397.50 cp arasında değişiklik göstermiştir. Konsantrasyon artışına bağlı olarak viskozite değerleri artmıştır. En düşük değer kontrol örneğinde, en yüksek değer %1.00’lik CMC’de saptanmıştır. CMC’nin iyonlanmış karboksil grubu içermeleri, negatif yüklü molekül içermeleri ve bu moleküllerin birbirini itmeleri sonucunda CMC yüksek viskozite vermiştir.

Zincir uzunluğu ve polimerizasyon derecesi bir hidrokolloidin viskozitesini ve hidrasyon oranını etkiler. Uzun moleküller daha yüksek viskozite oluşturur ve su molekülleri ile tepkime oluşturması kısa olandan daha uzun sürer. Viskozite değerleri üzerine yapılan çalışmada %1 konsantrasyonda kullanılan CMC, LBG ve ksantan gam kullanılan örneklerin 4 hafta depolanmaları sonucunda ölçülen en yüksek viskozite değeri CMC'de ölçülmüştür (Jia ve ark., 2014).

Farklı konsantrasyonlar da CMC, pektin, LBG ve guar gam kullanılarak elde edilen meyve sularında viskozite ölçümleri sonucunda en yüksek viskozite değeri CMC kullanılan örnekte saptanmıştır (Kayran,2009).



## 6. SONUÇ

Sineresiz özellikle jel veya emülsiyon halindeki gıdalarda görülen bir kusurdur. Sineresiz oluşumunun önlenmesine katkı sağlaması beklenen hidrokolloidlerin (CMC, guar gam, salep, sodyum aljinat, LBG ve ksantan gam) farklı oranları (%0-1) kullanılarak karşılaştırma yapılmıştır. Araştırmada uygulanan analizler neticesinde (DSC, TGA ve viskozite) sineresizi önlemede en potansiyel hidrokolloid %1 konsantrasyon değerinde CMC olmuştur. Bunu sırası ile guar gam, LBG, ksantan gam, sodyum aljinat ve salep izlemiştir.

Araştırma bulguları genel olarak değerlendirildiğinde hidrokolloid kullanımının termal özellikleri ve viskoziteyi olumlu yönde etkilediği tespit edilmiştir. %1 seviyesinde sırası ile CMC, guar gam, ksantan gam ve LBG içeren örneklerin donmayan su değerlerinin diğer örneklerden daha yüksek olduğu ve bunun raf ömrünün uzamasına etkisi olduğu düşünülmektedir. Konsantrasyon artışına bağlı olarak  $\Delta H$  değerleri önemli ölçüde azalmıştır. Bu durum donabilen su miktarının azalmış olduğunu göstermiştir. En düşük  $\Delta H$  değerleri %1.0 seviyesinde CMC’de elde edilmiştir.

DSC sonuçlarına göre, başlangıç ve pik sıcaklıkları önemli ölçüde azalmıştır. Hidrokolloidlerin eklenmesi ile donabilen suyun başlangıç sıcaklıklarının azalması, hidrokolloidlerin buz oluşumunu geciktirdiğini göstermiştir. CMC, kullanılan diğer hidrokolloidlere göre sıcaklıklarda en fazla düşüğe neden olmuştur. Bitiş sıcaklığı ise molekül yapısı ve kütleye bağlı olmak üzere, hidrokolloid eklenmesi ile artmıştır. Bitiş sıcaklıklarında en fazla artış CMC’de olmuştur.

TGA sonuçlarına göre hidrokolloidlerin eklenmesi ile moleküller arası kuvvetlerin etkin olması sonucunda başlangıç, pik ve bitiş sıcaklıkları artış göstermiştir. En yüksek sıcaklık artışı CMC olmakla birlikte, bu değeri benzer özellik gösteren guar gam ve LBG takip etmiştir.

Konsantrasyonun %0.25’den %1.00’a çıkarılmasının viskozite değerlerinde bir artışa neden olduğu ortaya konmuştur. %1.00 seviyesinde CMC, guar gam ve LBG diğerlerine göre daha yüksek viskozite vermişlerdir. Konsantrasyon artışı ile TGA sıcaklıkları önemli ölçüde artış göstermiştir. Sıcaklık değerlerinde en fazla artış sağlayan hidrokolloid CMC olmuştur.

Gıdalarda paketleme, depolama ve taşıma gibi sıcak şoku olarak bilinen ısı değişim periyotları süresince yapısal değişiklikler ve dolayısıyla kalite düşüşü meydana gelir. Özellikle

donmayan su miktarının bu kalite düşüşünü etkilediği bilinmektedir. Yapılan çalışmanın gıdalarda meydana gelen sineresiz gibi önemli bir kalite kusuruna olumlu etki edecek hidrokoloid ve konsantrasyon değerlerinin belirlenmesi yönünde yarar sağlaması beklenmektedir. Araştırmanın kaliteyi artırıcı, depolamada ve taşımada kolaylık sağlayıcı ve raf ömrünün artırılmasının sağlanması gibi olumlu yönlerin ekonomiye önemli katkıları olacağı öngörülmektedir.



## KAYNAKLAR

- Ahraz, A. 2003. Locust Bean Gum (Keçiboynuzu zamkı) E-410'un Türkiye'de Üretimi. *Gıda*, 7, 36–37.
- Akköse, A. 2018. Effect of Various Biopolymers on Glass Transition Temperature of Chicken Breast Meat. *Akademik Gıda*, 16, 120–126.
- Albert, A., Salvador, A., Fiszman, S. 2012. A Film of Alginate plus Salt as an Edible Susceptor in Microwaveable Food. *Food Hydrocolloids*, 27, 421–426.
- Almdal, K., Dyre, J., Hvidit, S., Kramer, O. 1993. Towards a Phenomenological Definition of the Term Gel. *Polymer Gels and Networks*, 1, 5–17.
- Atamer, M., Gürsel, A., Tamuçay, B., Gençer, N., Yıldırım, G., Odabaşı, S., Karademir, E., Şenel, E., Kırdar, S. 1999. Dayanıklı Ayran Üretiminde Pektin Kullanım Olanakları. *Gıda*, 24, 119–126.
- Ayar, A., Sert, D., Akbulut, M. 2009. Effect of Sahlep as a Hydrocolloid on Storage Stability of Incir Uyutması Dessert. *Food Hydrocolloids*, 23, 62–71.
- Barak, S., Mudgil, D. 2013. Locust Bean Gum: Processing, Properties and Food Applications A Review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 66, 74–80.
- Bayarri, S., Gonzalez–Thomas, L. Costell, E. 2009. Viscoelastic Properties of Aqueous and Milk Systems with Carboxymethyl Cellulose. *Food Hydrocolloids*, 23, 441–450.
- Bemiller, J.N. 2007. *Carbohydrate Chemistry for Food Scientists*. American Association of Cereal Chemists Press, St. Paul, Minnesota, 389s.
- Biswal, D.R., Singh, R.P. 2004. Characterisation of Carboxymethyl Cellulose and Polyacrylamide Graft Copolymer. *Carbohydrate Polymers*, 57, 379–387.
- Clare, K. 1993. Industrial Gums, In: *Polysaccharides and Their Derivatives*, (Editörler: Whistler, R.L., Bemiller J.N.). Academic Press, San Diego, USA, s.105–142.
- Clark, A.H., 2000. Biopolymer Gelation the Structure Property Relationship, In: *Gums and Stabilisers for the Food Industry* (Editörler: Williams, P.A., Philips, G.O.). The Royal Society of Chemistry Publishing, Cambridge, UK, s.91–110.
- Çakmakçı, S., Çelik, İ. 2007. *Gıda Katkı Maddeleri*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No:164, Erzurum, 948s.
- Çınar, B., Dizlek, H. 2018. Farklı Tip ve Düzeylerde Hidrokolloid Kullanımının Sufle Kek Kalitesine Etkisi. *Gıda*, 43, 1100–1115.
- Demirci, A., Arıcı, M., 2008. Mikrobiyal Yolla Üretilen Gamlar ve Gıda Sanayinde Kullanımı, 21–23 Mayıs 2008, Türkiye 10. Gıda Kongresi, Erzurum, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ. s.897–900.
- Demirci, M. 2006. *Gıda Kimyası*. Kelebek Yayınları, İstanbul, 290s.
- Demirtaş, Ö., 2007. Keçiboynuzu (*Ceratonia siliqua*) Çekirdeklerinden Gam Üretim

- Yollarının Araştırılması. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 48s.
- Doğan, M., Şimşek, O., Kurultay, Ş. 1996. Gıda Endüstrisinde Katkı Maddesi Olarak Stabilizatörler. *Gıda Teknolojisi*, 21, 251–259.
- Doublier, J., Garnier, C., Cuvelier, G., 2016. Gums and Hydrocolloids: Functional Aspects, In: *Carbohydrates in Foods* (Editör: Eliasson, A.C.). CRC Press, Boca Raton, FL, USA, s.285–332.
- Dunstan, D.E., Chen, Y., Liao, M.L., Salvatore, R., Boger, D.V., Prica, M., 2001. Structure and Rheology of the kappa Carrageenan/Locust Bean Gum Gels. *Food Hydrocolloids*, 15, 475–484.
- Fennema, R.O.1996. *Food Chemistry*. Markel Decker Press, New York, USA, 526s.
- Gao, Y., Vodovotz, Y. 2005. Effect of CMC on the Physico-Chemical Properties of Masa-Water Mixture. Ph.D. Thesis. The Ohio State University, Department of Food Science and Technology, Columbus, OH, 135s.
- Gürsel, A. 2001. *Süt Esaslı Ürünler Teknolojisi*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ders Kitabı No:554, Ankara, 196s.
- Güven, M., Hayaloğlu, A. 2001. Hidrokolloidler ve Süt Teknolojisinde Kullanımları, *Gıda*, 7, 72–79.
- Güven, M., Karaca, O.B., Kaçar, A., Hayaloğlu, A., Yaşar, K. 2003. Kahramanmaraş Tipi Dondurma Üretiminde Salebe Alternatif Stabilizer Olarak Keçiyoynuzu Sakızının Kullanım Olanakları, *Gıda*, 2, 41–48.
- Güven, M., Karaca, O. B., Yaşar, K. 2010. Düşük Yağ Oranlı Kahramanmaraş Tipi Dondurma Üretiminde Farklı Emülgatörlerin Kullanımının Dondurmaların Özellikleri Üzerine Etkileri, *Gıda*, 35, 97–104.
- Güven, M., Karaca, O. 2016. The Effect of the Combined Use of Sahlep and Locust Bean Gum with Some Stabilizers on the Properties of Kahramanmaraş Type Ice Creams. *Journal of International Scientific Publications*, 4, 327–334.
- Haghighimanesh, S., Farahnaky, A. 2011. Ice Cream Powder Production and Investigation of Its Rheological and Organoleptic Properties. *International Journal of Food Engineering*, 7, 1556–3758.
- Hoefler, A.C. 2004. *Hydrocolloids: Practical Guides for the Food Industry*. Eagan Press, St. Paul, Minnesota, USA, 111s.
- Hossain, M. 2011. Therapeutic Orchids: Traditional Uses and Recent Advances: An Overview. *Fitoterapia*, 82, 102–140.
- Işıklı, N., Dönmez, M., Kozan, N., Karababa, E. 2015. Rheological Properties of Sahlep Powder-Milk Mixture. *Journal Food Science Technology*, 52, 6556–6564.
- Izydorczyk, M., Cui, S.W., Wang, Q., 2005. Polysaccharide Gums: Structures, Functional Properties, and Applications, In: *Food Carbohydrates: Chemistry, Physical Properties and Applications* (Editör: Cui, W.S.). CRC Publishing, Boca Raton, FL,

s.263–307.

- Jansson, P., Kenne, L., Lindberg, B. 1975. Structure of the Exocellular Polysaccharide from *Xanthomonas campestris*, *Carbohydrate Research*, 45, 275–282.
- Jia, C., Huang, W., Ji, L., Zhang, L., Li, N., Li, Y. 2014. Improvement of Hydrocolloid Characteristics Added to Angel Food Cake by Modifying the Thermal and Physical Properties of Frozen Batter. *Food Hydrocolloids*, 41, 227–232.
- Kayacıer, A., Dogan, M. 2006. Rheological Properties of Some Gums-Sahlep Mixed Solutions. *Journal of Food Engineering*, 72, 261–265.
- Kayran, S. 2009. Değişik Kıvam Verici Maddelerin Meyveli İçeceklerin Viskoziteleri Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul, 102s.
- Keçeli, T., Konar, A. 2003. Sahlep ve Alternatif Bazı Stabilizatör Maddelerin İnek Sütünden Yapılan Dondurmaların Özelliklerine Olan Etkileri. *Gıda*, 28, 415–419.
- Keeney, P.G. 1982. Development of Frozen Emulsions. *Food Technology*, 36, 65–70.
- Kılınççeker, O., Küçüköner, E. 2005. Gıdalarda Gamların Yenilebilir Film Olarak Kullanımı. *Gıda*, 30, 181–186.
- Kimura, H., Morikata, S., Misaki, M. 1973. Polysaccharide: A New Thermo-Gelable Polysaccharide. *Journal Food Science*, 38, 668–670.
- Klose, R., Glicksman, M. 1972. Gums, In: *Handbook of Food Additives* (Editör: Furia, T.E.). CRC Press, California, USA, s.295–359.
- Kök, M.S., Hill, S.E., Mitchell, J. 1999. A Comparison of the Rheological Behaviour of Crude and Refined Locust Bean Gum Preparations during Thermal Processing. *Carbohydrate Polymers*, 38, 261–265.
- Köksel, H. 2005. Karbonhidratlar, *Gıda Kimyası* (Editör: Saldamlı, İ.). Ankara Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, s.49–132.
- Lee, C.M. 2002. Role of Hydrodynamically Active Biopolymeric Ingredients in Texture Modification and Physical Stabilization of Gel-Based Composite Foods. *Journal of Food Science*, 67, 902–908.
- MacArtain, P., Gill, C.I.R., Mariel Brooks, M., Campbell, R., Rowland, I.R. 2007. Nutritional Value of Edible Seaweeds. *Nutrition Reviews*, 65, 535–543.
- Metin, M., 2005. *Sütün Bileşimi ve İşlenmesi*. Ege Üniversitesi Yayınları, İzmir, 802s.
- Mizrahi, S. 2010. Syneresis in Food Gels and Its Implications for Food Quality. *Journal of Food Science*, 11:324–348.
- Morris, E.R. 1986. Molecular Origin of Hydrocolloid Functionality, In: *Gums and Stabilizers for the Food Industry* (Editörler: Philips, G.O., Early, R., Williams P.A., Wedlock, D.J.). Elsevier Applied Science, London, UK, s.3–16.
- Murray, D. G., Luft, L. 1973. Low D.E. Corn Starch Hydrolysates: Multi-Functional Carbohydrates Aid in Food Formulation. *Food Technology*, 27, 32–40.

- Onsoyen, E. 1992. Alginates, In: *Thickening and Gelling Agents for Food* (Editör: Imeson, A.). Chapman and Hall Press, Boston, USA, 1–24s.
- Özer, B. 2006. *Yoğurt Bilimi ve Teknolojisi*. Sidas Medya Yayınları, İzmir, 488s.
- Özünü, T., Koçak, B., Aydemir, C. 2007. Ayran Stabilitesini Etkileyen Faktörler, *Gıda*, 35, 43.
- Pereira, R.B., Singh, H., Munro, P.A., Luckman, M.S. 2003. Sensory and Instrumental Textural Characteristics of Acid Milk Gels. *International Dairy Journal*, 13, 655–667.
- Petrucci, R.H., Herring, F., Madura, J.D. Bissonnette, C. 2007. *General Chemistry Principles and Modern Applications*. MacMillan Publishing, Upper Saddle River, New Jersey, USA, 1303s.
- Rapaille, A., Vanhemelerijck, J. 1992. Milk Based Dessert, In: *The Technology of Dairy Products* (Editör: Early, R.). Blackie Academic and Professional, London, UK, s.221–246.
- Rasmussen, R., Morrissey, M. 2007. Marine Biotechnology for Production of Food Ingredients. *Advances in Food and Nutrition Research*, 52, 237–292.
- Renner, E. 1991. *Dictionary of Milk and Dairying*. Volkswirtschaftl, Verlag, München, Germany, 384s.
- Ross-Murphy, S.B. 1991. Physical Gelation of Synthetic and Biological Macromolecules, In: *Polymer Gels* (Editörler: Danilo, D., Kajiwara, K., Osada, Y., Yamauchi, A.). Springer, Cambridge, UK, s.21–39.
- Schkoda, P., Hechler, A., Kessler, H.G. 1999. Effect of Minerals and pH on Rheological Properties and Syneresis of Milk-Based Acid Gels. *International Dairy Journal*, 9, 269–273.
- Seçkin, K., Özkılınç, Y. 2008. Süt Ürünlerinde Diyet Liflerin Kullanımı. *Akademik Gıda*, 6, 23–27.
- Sezgin, E., Bayram, G., Atamer, M. 1989. Yoğurt Yapımında Bazı Stabilizatör Maddelerin Kullanımı. *Gıda*, 11, 25–30.
- Skurtys, O., Acevedo, C., Pedreschi, F., Enrione, J., Osorio, F., Aguilera, J.M. 2010. Food Hydrocolloid Edible Films and Coatings, In: *Food Hydrocolloids: Characteristics, Properties and Structures* (Editör: Hollingworth, C.S.). Nova Science Publishers, New York, s.41–80.
- Sharadanant, R., Khan, K. 2003. Effect of Hydrophilic Gums on Frozen Dough. I. Dough Quality. *Cereal Chemistry*, 80, 764–772.
- Shibayama, M., Tanaka, T. 1993. Volume Phase-Transition and Related Phenomena of Polymer Gels. *Advances in Polymer Science*, 109, 1–62.
- Song, Y., Liu, L., Shen, H., You, J., Luo, Y. 2011. Effect of Sodium Alginate-Based Edible Coating Containing Different Anti-Oxidants on Quality and Shelf Life of Refrigerated Bream (*Megalobrama amblycephala*). *Food Control*, 22, 608–615.

- Soukoulis, C., Chandrinos, I., Tzia., C. 2007. Study of the Functionality of Selected Hydrocolloids and their Blends with  $\kappa$ -carrageenan on Storage Quality of Vanilla Ice Cream. *Food Science and Technology*, 41, 1816–1827.
- Sungur, B., Ercan, R. 2011. Effects of Some Hydrocolloids and Surfactant on the Rheological Properties of Hard Wheat Flour Dough by Using Response Surface Methodology. *The Journal of Food*, 36, 77–82.
- Sworn, G. 2000. Xanthan Gum, In: *Handbook of Hydrocolloids* (Editörler: Phillips, G.O., Williams, P.A.). Woodhead Publishing, Cambridge, UK, s.103–115.
- Şahin, H. 2003. Bazı Hidrokolloidlerin Farklı Formülasyonlara Sahip Ketçapların Konsistensi ve Serum Ayrılması Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya, 115s.
- Şahin, H., Özdemir, F. 2004. Effect of Some Hydrocolloids on the Rheological Properties of Different Formulated Ketchups. *Food Hydrocolloids*, 18, 1015–1022.
- Şimşek, O., Tuncay, İ., Bilgin, B. 2006. Endüstriyel Dondurma Üretiminde Farklı Stabilizatör Kullanımının Dondurma Kalitesine Etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 1, 55–63.
- Tárrega, A., Martínez, M., Vélez-Ruiz, J.F., Fiszman, S. 2014. Hydrocolloids as a Tool for Modulating the Expected Satiety of Milk Based Snacks. *Food Hydrocolloids*, 39, 51–57.
- Tayar, M., Şen, C., Güneş, E. 1995. Yoğurt Üretiminde Bazı Stabilizatör Maddelerin Kullanılması. *Gıda*, 95, 103–106.
- Tekinşen, O.C., Tekinşen, K.K. 2008. *Dondurma: Temel Bilgiler, Teknoloji, Kalite Kontrolü*. Selçuk Üniversitesi Yayınları, Konya, 189s.
- Tesch, R., Ramon, O., Ladyshinski, I., Cohen, Y. 1999. Water Sorption Isotherm of Solution Containing Hydrogels at High Water Activity. *International Journal of Food Science and Technology*, 34, 235–243.
- Thomas, W. R., 1997. Carrageenan. In: *Thickening and Gelling Agents for Food*, (Editör: Imeson, A.). Blackie Academic and Professional Publishing, Cambridge, UK, s.24–39.
- Toker, O.S., Doğan, M., Caniyılmaz E., Ersoz, N.B., Kaya, Y. 2013. The Effects of Different Gums and their Interactions on the Rheological Properties of a Dairy Dessert: A Mixture Design Approach. *Food Bioprocess Technology*, 6, 896–908.
- Torres, M.D., Moreira, R., Chenlo, F., Vazquez, F. 2012. Water Absorption Isotherms of Carboxymethyl Cellulose, Guar, Locust Bean, Tragacanth and Xanthan gums. *Carbohydrate Polymers*, 89, 592–598.
- Valenta, T., Lapcikova, B., Lapcik, L. 2018. Determination of Kinetic and Thermodynamic Parameters of Food Hydrocolloids/Water Interactions by Means of Thermal Analysis and Viscometry. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical Engineering Aspects*, 555, 270–279.
- Vliet, V., Lucey, J.A., Grolle, K., Walstra, P. 1997. Rearrangements in Acid Induced Casein

- Gels during and after Gel Formation, In: *Food Colloids: Proteins, Lipids and Polysaccharides* (Editörler: Dickinson, E., Bergenstahl, B.). The Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK, s.335–345.
- Walstra, P. 1993. The Syneresis of Curd, In: *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology* (Editör: Fox, P.F.). Chapman and Hall, London, UK, s.141–191.
- Whistler, R.L., Bemiller, J.N. 1997. *Carbohydrate Chemistry for Food Scientist*. Eagan Press, St. Paul, USA, 241s.
- Williams, P.A., Phillips, G.O. 2009. Introduction to Food Hydrocolloids, In: *Handbook of Hydrocolloids* (Editör: Williams, P.A.). CRC Press, Boca Raton, FL, s.1–22.
- Zactiti, E., M., Kieckbush, T., 2006. Potassium Sorbate Permeability in Biodegradable Alginate Films. *Journal of Food Engineering*, 77, 462–467.
- Zorba, M. 2009. Gamlar, Gıda Katkı Maddeleri (Editör: Altuğ, T.), Sidas Medya Ltd. Şti., İzmir, s.77–103.



## ÖZGEÇMİŞ

Adı, Soyadı : MERVE ŞAHİN  
Doğum Tarihi : 13.10.1990  
Doğum Yeri : ADANA  
Medeni Hâli : BEKAR

### İletişim

Cep Telefonu : 0544 825 2384  
E-posta : mrrveshn@gmail.com

### Eğitim Bilgileri

Yüksek Lisans : Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği 2016-2019  
Lisans : Mersin Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü 2010-2014  
Lise : Erdem Bayazıt Anadolu Lisesi 2004-2008  
İlköğretim : Gazi İlköğretim Okulu 2001-2004

### Yabancı Dil

#### İNGİLİZCE

Okuma : Orta  
Yazma : İyi  
Konuşma : Orta

### Bilgisayar

İyi derecede Microsoft Office (WORD, EXCEL, POWERPOINT) programları

### Sertifika Bilgileri

✓ TSE, ISO 9001:2015 ARALIK 2017  
✓ DQS, ISO 2200:2008 MART 2014  
✓ Dünya Bilim ve Eğitim Federasyonu, 14001 Çevre Yönetim Sistemi ARALIK 2013  
✓ Dünya Bilim ve Eğitim Federasyonu, Stratejik Yönetim ARALIK 2013

### Yayınlar

Şahin, M., Çolakoğlu, A.S., 2018. The Effects of Hydrocolloids on Water Distribution and Rheological Characteristics in Milk Model System, International Congress on Food Technology, 10-12 Kasım 2018, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Nevşehir, s.222.

Şahin, M., Atay, E., Yücel, U., Mete, A.A. 2014. Un Fabrikalarının Altın Atığı Ruşeym;

Stabilizasyonu ve Deęerlendirilmesi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi Gıda Mühendisliği  
Öğrenci Kongresi, s.50.

