



JELATİN İÇERMEYEN MARSHMALLOW ÜRÜNÜ GELİŞTİRİLMESİ

ELİF ERŞAHİN

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. İbrahim PALABIYIK
2023

T.C.
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



JELATİN İÇERMEYEN MARSHMALLOW ÜRÜNÜ GELİŞTİRİLMESİ

ELİF ERŞAHİN

ORCID: 0000-0001-8849-2852

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Danışman: Doç. Dr. İbrahim PALABIYIK

AĞUSTOS-2023
Her hakkı saklıdır.

ÖZET

JELATİN İÇERMİYEN MARSHMALLOW ÜRÜNÜ GELİŞTİRİLMESİ

Elif ERŞAHİN

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. İbrahim PALABIYIK

Bu çalışmada, marshmallow ürünlerinde jelatin ikamesi olarak bitki bazlı aquafaba ve jelleşme özelliği yüksek olan gellan gam kullanımı araştırılmıştır. Bu amaçla formülasyon optimizasyonu için Design Expert programı kullanılarak response surface metodu kullanılmıştır. Jelatin içermeyen marshmallow ürünlerinde aquafaba ve gellan gamın minimum ve maksimum oranları yapılan ön denemeler sonucunda belirlenmiştir. Optimum sonucu elde etmek amacıyla deneme deseni kapsamında üretilen marshmallow ürünleri yoğunluk ve duysal (genel beğeni) sonuçları kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre jelatinsiz marshmallow örneklerine ait aquafaba oranı %1,70 iken, gellan gam %0,50 olarak bulunmuştur. Ardından üretimi yapılan bu örnekte su aktivitesi, yoğunluk, renk, diferansiyel taramalı kalorimetri (DSC), polarize ışık mikroskobu (PLM), reolojik, tekstürel ve duysal analizler yapılmıştır. Jelatin içermeyen marshmallow örneğinin kontrol örneğine kıyasla su aktivitesi, yoğunluk ve Tson değerlerinde artış olduğu tespit edilmiştir. Diğer yandan, yeni formülasyona sahip örneğin enstrümental sertlik parametresinde düşüş gözlemlenirken bu durum genel beğeni algısını olumsuz etkilemiştir. Yapılan tüm analizler sonucunda aquafaba ve gellan gamın köpük oluşumunu destekleyici ve hidrokoloidal özelliklerinden dolayı hayvansal kaynaklı jelatin yerine optimum değerlerde bitki bazlı bileşenlerin kullanımının marshmallow ürünlerine farklı bir bakış açısı kazandırabileceği ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Marshmallow, Aquafaba, Gellan Gam, Ürün Optimizasyonu

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF GELATIN FREE MARSHMALLOW

Elif ERŞAHİN

Department of Food Engineering

MSc. Thesis

Supervisor: Assoc Prof. İbrahim PALABIYIK

In this study, the use of plant-based aquafaba and gellan gum with high gelling properties as gelatin substitutes in marshmallow products were investigated. For this purpose, Response Surface Methodology of the Design Expert Software was used for the product formulation optimization. The minimum and maximum ratios of aquafaba and gellan gum in gelatin-free marshmallow products were determined as a result of preliminary trials. In order to obtain the optimum result, the density and sensory (general taste) results of the samples produced within the scope of the trial design were used. According to the results, the aquafaba amount of the gelatin-free marshmallow samples was found to be 1.70%, while the gellan gum was found to be 0.50%. Then, water activity, density, color, differential scanning calorimetry (DSC), polarized light microscope (PLM), rheology, textural and sensory analyses were performed in this sample. It was determined that the water activity, density and T_{on} values of the gelatin-free marshmallow sample were increased compared to the control sample. On the other hand, while a decrease was observed in the instrumental hardness parameter of the gelatin-free sample, this situation did not adversely affect the general perception of taste. As a result of all analyses, it has been revealed that the use of plant-based ingredients at optimum values instead of animal-derived gelatin can bring a different perspective to marshmallow products due to the foam frictions and hydrocolloidal effects of aquafaba and gellan gum.

Keywords: Marshmallow, Aquafaba, Gellan Gum, Product Optimization

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
SİMGELER DİZİNİ	vii
KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
TEŞEKKÜR.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	2
1.1.1 Marshmallow	2
1.1.2 Marshmallow Ürünlerinin Bileşimi.....	5
1.1.2.1 Su	5
1.1.2.2 Şeker.....	5
1.1.2.3 Glikoz Şurubu	6
1.1.2.4 Stabilizatör.....	6
1.1.3 Hidrokolloidler	7
1.1.4 Gellan Gam	12
1.1.5 Aquafaba	14
1.1.5.1 Aquafaba Tarihçesi.....	14
1.1.5.2 Aquafaba Bileşimi.....	15
1.1.5.3 Aquafabanın Fiziksel Özellikleri	18
1.1.5.4 Aquafabanın Köpürme Özellikleri	18
1.1.5.5 Aquafabanın Gıdalarda Kullanımı	19
1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	21
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	22
2.1 Materyal.....	22
2.2 Yöntem	22
2.2.1 Marshmallow Örneklerinin Üretilmesi	22
2.2.2 Su Aktivitesi Tayini.....	24
2.2.3 Yoğunluk Tayini	24
2.2.4 Renk Tayini.....	25
2.2.5 Diferansiyel Taramalı (Kalorimetri) Analizi.....	25

2.2.6 Polarize Işık Mikroskobu (PLM) Analizi	25
2.2.7 Reolojik Özellikler.....	25
2.2.8 Tekstür Analizi	26
2.2.9 Duyusal Analiz	26
2.2.10 İstatistiksel Analiz	26
3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	27
3.1 Yoğunluk ve Duyusal Analiz Sonuçları.....	27
3.2 Aquafaba ve Gellan Gam İçeren Jelatinsiz Marshmallowların Yoğunluk ve Duyusal Analiz Sonuçlarına Göre Optimizasyonu.....	35
3.3 Marshmallow Örneklerinin Su Aktivitesi Analizi	35
3.4 Marshmallow Örneklerinin Yoğunluk Analizi	36
3.5 Marshmallow Örneklerinin Renk Analizi.....	37
3.6 Marshmallow Örneklerinin Diferansiyel Taramalı (Kalorimetri) Analizi	38
3.7 Marshmallow Örneklerinin Polarize Işık Mikroskobu (PLM) Analizi.....	39
3.8 Marshmallow Örneklerinin Reolojik Analizi.....	40
3.9 Marshmallow Örneklerinin Tekstür Analizi.....	41
3.10 Marshmallow Örneklerinin Duyusal Analizi	44
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	46
KAYNAKLAR.....	48
ÖZGEÇMİŞ	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Jelleştirici ajanların çeşitli fonksiyonları.....	8
Çizelge 2.1. Jelatinsiz marshmallow formülasyonu deneme planı.....	23
Çizelge 3.1. Jelatinsiz marshmallow response surface analizinde belirlenen modelin deneysel verilerle korelasyonu ve regresyon katsayıları	34
Çizelge 3.2. Jelatinsiz marshmallow örneklerinin optimum bileşimi	35
Çizelge 3.3. Jelatin içeren marshmallow örneklerinin standart bileşimi	35
Çizelge 3.4. Jelatinsiz marshmallow ve kontrol örneklerinin su aktivitesi (a_w) analizi	36
Çizelge 3.5. Jelatinsiz marshmallow ve kontrol örneklerinin yoğunluk (g/cm^3) analizi.....	37
Çizelge 3.6. Jelatinsiz marshmallow ve kontrol örneklerinin renk analizi.....	38
Çizelge 3.7. Jelatinsiz marshmallow ve kontrol örneklerinin camsı geçiş sıcaklığı analizi.....	39
Çizelge 3.8. Jelatinsiz marshmallow ve kontrol örneklerinin tekstürel özellikleri	43
Çizelge 3.9. Jelatinsiz marshmallow ve kontrol örneklerinin duyuşal özellikleri.....	45

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Marshmallow üretimi akış şeması.....	3
Şekil 1.2 Aquafaba kalitesini ve fonksiyonel performansını etkileyen faktörler	16
Şekil 2.1. Aquafaba ve şeker şurubunun Thermomix’te birleştirilerek kalıplara aktarılması	23
Şekil 2.2. Marshmallow örneklerinin yoğunluk değerlerinin hesaplanması	24
Şekil 3.1. Marshmallow örneklerinin panelistler için hazırlanmış duyu analiz görüntüsü ..	28
Şekil 3.2 Jelatinsiz marshmallowsun duyu analiz görünüm ve lezzet parametresi sonuçları	29
Şekil 3.3 Jelatinsiz marshmallowsun duyu analiz tekstür ve ağızda erime hızı parametresi sonuçları	30
Şekil 3.4 Jelatinsiz marshmallowsun duyu analiz yapışkanlık ve genel beğeni parametresi sonuçları	31
Şekil 3.5 Jelatinsiz marshmallowsun yoğunluk analizi sonucu	32
Şekil 3.6. Optimum marshmallow ve kontrol örneğine ait PLM görüntüsü	40
Şekil 3.7. Optimum marshmallow ve kontrol örneğine ait viskoelastik özellikler	41
Şekil 3.8. Marshmallow örneğinin tekstür analizine ait görüntüsü	44

SİMGELER DİZİNİ

+	Toplama
-	Çıkarma
=	Eşittir
%	Yüzde
<	Küçük
>	Büyük
°	Derece
°C	Celsius Derecesi



KISALTMALAR DİZİNİ

DE	Dekstroz Eşdeğeri
K	Kelvin
N	Newton
Bx	Briks
Anova	Varyans Analizi
T _g	Camsı Geçiş Sıcaklığı
A _w	Su Aktivitesi
G'	Elastik Modül
G''	Viskoz Modül
DSC	Diferansiyel Taramalı Kalorimetri
PLM	Polarize Işık Mikroskobu
RSM	Yüzey Yanıt Yöntemi

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans sürecim boyunca bilgi birikimi ve tecrübeleriyle beni yönlendiren ve destek veren kıymetli hocam Doç. Dr. İbrahim PALABIYIK'a, tez çalışmalarımda değerli fikir ve görüşleriyle bana yardımcı olan Dr. Öğr. Üyesi Recep GÜNEŞ'e, bilgi ve bilgiyi öğrenmenin yanı sıra ahlaklı ve adil bir insan olmanın hayattaki önemini bana öğreten, yaşamdaki cesaretleriyle bana ilham veren, her koşulda desteklerini hissettiğim en büyük şansım olan ailem, anneciğim Fulya ERŞAHİN'e, babacığım Ramazan ERŞAHİN'e ve canım kardeşim Oğuzhan Sami ERŞAHİN'e, çok çalışmanın yanında bana hayatta iyi insan olma bakışını ve daha birçok şeyi kazandıran merhum dedeciğim Hüseyin KASAP'a ve laboratuvar çalışmalarımdeki desteğinin yanında bana koşulsuz sevgisini de veren çok sevgili müstakbel eşim Kağan TELLİ'ye teşekkürlerimi sunarım.

Elif ERŞAHİN

Gıda Mühendisi

1. GİRİŞ

Şekerleme ürünleri ülkemizde ve tüm dünyada geniş bir tüketici kitlesine sahip olmasıyla bilinen gıdaların başında gelmektedir (Tekin, 2022). Birçok varyasyonla üretilen şekerleme ürünleri sınırsız olarak varsayılabilecek geniş bir ürün çeşitliliğine sahiptir. Şekerleme sektöründe hızla büyüyen ürün gruplarından biri de üretim tekniği ve formülasyon bileşimindeki farklılığa bağlı olarak çiğnenebilir yapıya sahip olan yumuşak şekerlerdir (Gunes, Palabiyik, Konar, Toker, 2022).

Şeker bazlı ürünler, yüksek karbonhidrat içeriği, hoş tat ve aroma, çekici görünüm ile karakterize edilir. Günümüzde, şekerleme sektöründe üretimi yapılan ürünlere dair olan talep sürekli olarak artmaktadır. Başta çocuklar olmak üzere nüfusun tüm yaş grupları tarafından büyük talep görmektedir. Yumuşak şekerleme ürünleri arasında yer alan “marshmallow” tipi ürünler de tüm dünyada ilgiyle tüketilen köpüklü yapıya sahip özel bir ürün grubudur. Kendine has viskoz kıvamı, kullanılan aroma ve renk maddelerine bağlı olarak dikkat çekici duysal özelliklere sahip olan bu ürünler aynı zamanda çiğnenebilir bir kıvama ve ince gözenekli köpüklü bir yapıya sahiptir (Covaliov vd., 2021; Ghendov-Moşanu, 2018; Piliugina vd., 2019).

Marshmallow, temel olarak havalandırılmış jelatin ve şekerden yapılmış katı, köpüklü yapıya sahip bir yumuşak şekerleme ürünüdür. Bu ürünlerin bilinen tipik köpüklü yapısı, protein ve şeker kombinasyonuna hızlı bir karıştırma yoluyla hava eklenmesi sonucu oluşturulmaktadır. Havanın varlığı, karışıma sadece hacim katmakla kalmaz, aynı zamanda yumuşak, hafif bir dokuya, ürün reolojisinde ve görünümünde değişime, ağızda lezzet yoğunluğuna, artan gözeneklilik nedeniyle sindirilebilirliğe de büyük ölçüde katkıda bulunur (Periche, Castelló, Heredia ve Escriche, 2016). Raf ömrünün uzun olması düşük su içeriğiyle ilişkilendirilse de hacmi arttıran havalandırma işlemi de raf ömrünün iyileştirilmesine büyük ölçüde katkı sağlar (Eddy ve Editya, 2020).

Marshmallow ürünlerinin yoğunluğu 0,25-0,7 g/cm³ aralığında değişiklik göstermektedir. Bu kategorideki ürünlerde düşük yoğunluk elde etmek için üretimde stabilizatör kullanımı elzemdir. Stabilizatör olmadan yalnızca şeker şurubuna yapılan havalandırma işlemi sonucunda hafif bir havalandırma olabilir; oysa stabilizatör varlığında yapılan bir havalandırma sonrası hava kabarcıklarının birleşmesi önlenerek, havanın şekere dahil edilmesi ve şekerin içinde kalması sağlanır. Marshmallow gibi havalandırılmış

şekerlemelerde stabilizasyonun ve hava-serum arayüzünün oluşmasını sağlayan yapılar proteinlerdir. Özellikle jelatin marshmallow ürünlerinde kullanılan en yaygın stabilizatördür. Jelatinlerin yanı sıra yumurta albümini, süt proteinleri, soya proteinleri ve nişasta da tek başına veya jelatin ile kombinasyon halinde kullanılmaktadır (Hartel, Joachim ve Hofberger, 2018).

Marshmallow ürünlerinde, elastik yapı oluşturabilen bir protein olan jelatinin iki temel işlevi vardır. Bunlardan ilki iyi bir köpürme maddesi; ikincisi ise etkin bir yoğunlaştırıcı olmasıdır. Şeker içeren şurup, jelatin ilavesi sonrasında yapılan havalandırma işlemiyle birlikte belirgin bir şekilde elastik özellikler göstermeye başlar ve beyaz köpük şeklinde bir hava kütlesi oluşur. Bu avantajlarının yanında jelatin kullanımının bazı tüketici grupları için arzu edilmeyen bir tarafı da bulunmaktadır (Samira, 2018). Bilindiği üzere, jelatin üretiminin %80'i domuz, %15'i sığır derisinden ve %5'i de sığır kemiğinden üretilmektedir. Tüketicinin ihtiyaçlarını karşılamak için jelatin üretimi giderek artış göstermektedir. Fakat yanlış iddiaların ortaya atılmasıyla da birlikte vejetaryenler, Yahudiler ve Müslümanlar gibi belirli tüketici gruplarında jelatin tüketimi endişe uyandırmaktadır (Sani, Ismail, Azid ve Samsudin, 2021). Buna ek olarak, elde edildiği kaynak açısından jelatin, patojenik mikroorganizmaların sporlarını içerebilir. Bu sorunlar nedeniyle de jelatinin yaygın olarak kullanımı bazı tartışmalara yol açmaktadır. Tüm bu sorunlar, özellikle şekerleme endüstrisinde bitkisel-mikrobiyal kaynaklı jelleştirici maddelerin ya da çeşitli polisakkaritlerin tek başına veya sinerjik etki gösterebilecek diğer polisakkaritlerle kombinasyonu ile jelatin ikamesi olarak kullanılmasıyla çözülebilir. Bu tür ürünlerin geliştirilmesi dini ilkelere ve diğer beslenme tarzlarına uyumlu olabilecek tercihlerin sunulmasına yardımcı olacaktır. Bu nedenle marshmallow teknolojisinde jelatin kullanmadan alternatif ürünlerin üretilmesi, araştırılması, geliştirilmesi ve bilimsel olarak test edilmesinin önemli bir adım olacağı düşünülmektedir.

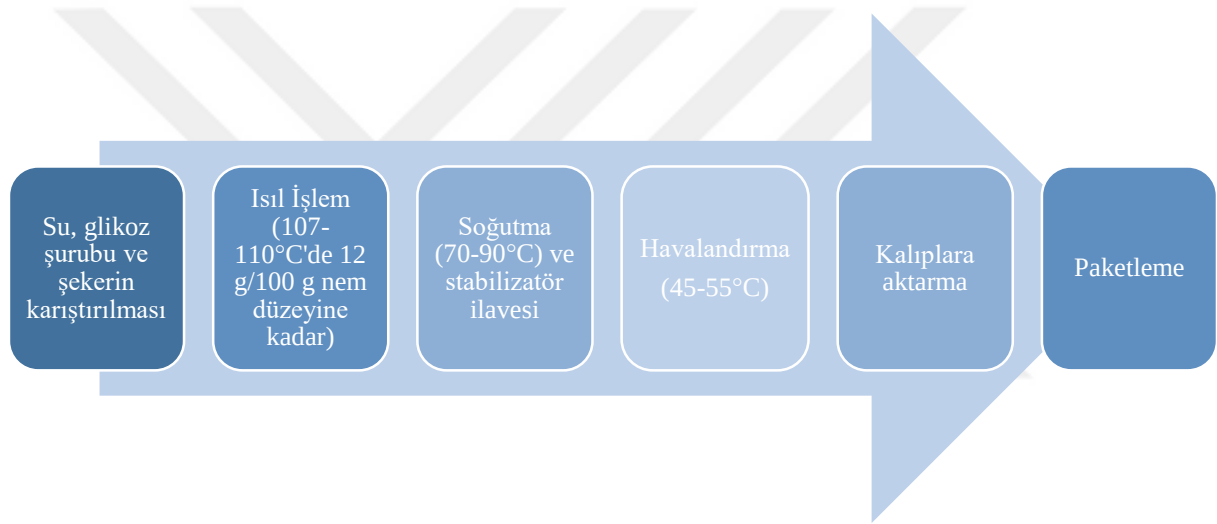
1.1 Literatür Özeti

1.1.1 Marshmallow

Pâte de Guimauve olarak bilinen hatmi, Fransa kökenlidir. Bataklık alanlarda yetişen bir bitki olan *Althaea officinalis*'in kök özlerinden yapılmıştır. Ekstrakt viskoz bir sıvıdır ve yumurta ve şekerle dövüldüğünde hafif bir köpük oluşturur. Bugün, marshmallow, esas olarak şeker şurubu ve stabilize edici maddeden, genellikle jelatinden oluşan havalandırılmış bir şekerlemedir (Lees, 2012). Jelatin, hafif bir dokuya sahip stabil köpükler ürettiği için

marshmallow üretiminde kullanılan en popüler havalandırıcı ajandır. Sistemdeki hava kabarcıklarının çökmesini önlemede çok etkili bir köpük stabilizatörüdür (Tan ve Lim, 2008).

Hava ve stabilizatörün yanı sıra marshmallow ürünlerinin ana bileşenleri su, şeker ve glikoz şurubudur. Diğer yandan üretime, doku ve/veya beslenme özelliklerini ya da işlevsellik sağlamak amacıyla çok sayıda başka bileşenler de eklenebilir. Örneğin, nem tutucuların formülasyona ilave edilmesiyle su aktivitesi ve raf ömrü kontrolleri sağlanabilir, yağ ilavesi ile kayganlık sağlanırken, yağ fazını ince bir emülsiyon halinde dağıtmak için emülgatörler eklenebilir. Nişasta ilavesiyle dokuda özellikleri iyileştirilebilir. İsteğe göre renk ve aroma vericiler de formülasyona eklenebilir (Hartel vd., 2018). Şekil 1.1’de standart bir marshmallow üretim akış şeması verilmiştir.



Şekil 1.1 Marshmallow üretimi akış şeması (Hartel vd., 2018)

Üretim prosesinde çoğu şekerlemelerde olduğu gibi öncelikle su, glikoz şurubu ve şeker gibi tatlandırıcılar karıştırılır. Kristal yapıdaki bileşenlerin çözünmesi için ısıtma işlemi uygulanır. Bu ısıtma işlemi şurubun istenilen nem seviyesine ulaşmasına kadar sürdürülür. Marshmallow için tipik pişirme sıcaklıkları 107-110°C aralığındadır. Nem içeriğini kontrol etmek için pişirme sıcaklıklarını da kontrol etmek önemlidir. Aksi halde nemin yüksek olması durumunda daha akışkan, nem içeriğinin düşük olması durumunda da daha sert bir yapı gözlemlenir. Ayrıca su aktivitesinin şeker inversiyonu üzerinde etkisi de olabilir. Bu nedenle, pişirme sıcaklığının kontrolü marshmallow üretiminde kritik bir öneme sahiptir. Bunlara ek olarak, yapıda meydana gelen farklılıklar pişirme süresindeki değişikliklerden de kaynaklanabilir (Hartel vd., 2018).

Isıl işlem sonrasında stabilizatörün eklenebilmesi için karışımın soğutulması gerekmektedir. Bu sıcaklık genellikle 70-80°C olarak bildirilmiştir. Protein yapısında olan stabilizatörlerin bozunması yaklaşık 68-70°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda meydana geldiğinden proteinin şeker şurubu ile birlikte pişirilmesi bozunmanın meydana gelebileceği anlamına gelir. Diğer yandan stabilizatör kullanılmadan önce maksimum verimin sağlanabilmesi için hidrasyon işlemi gerçekleştirilmelidir. Jelatinler için tipik hidrasyon 2:1 su/stabilizatör iken, albüminler için 4:1 su/stabilizatördür. Marshmallow üretiminde hidratlı protein çözeltisi genellikle şurup piştikten sonra ilave edilmektedir. Aksi halde pişirme sıcaklıklarında proteinlerin bozunmasıyla bir sonraki adım olan havalandırmanın özellikleri olumsuz etkilenmektedir. Yumurta proteinleri jelatinden daha hızlı denatüre olur ve genellikle şuruba pişirildikten sonra eklenir (Hartel vd., 2018).

Protein yapıdaki bileşenleri şeker şurubu ile pişirmenin bir başka olumsuz sonucu da esmerleşme ve buna bağlı olarak renk değişimidir. Maillard esmerleşme reaksiyonundaki ana reaktanlardan biri olarak protein (yumurta, soya, peynir altı suyu ve jelatin), ısıtıldığında indirgen şekerlerle reaksiyona girerek kahverengi pigmentler ve karamel aromalarını meydana getirir. Yüksek sıcaklıkta kısa kalma sürelerine sahip sürekli pişirme teknolojileri, renk oluşumunu en aza indirir, böylece esmerleşme genellikle sorun olmaktan çıkar (Hartel vd., 2018).

Genel olarak, havalandırılmış şekerlemeler için şeker kütlesi, özellikle stabilizatör pişirmeden sonra eklenirse, havalandırmadan önce biraz soğutulmalıdır. Yeterince soğutulmadığı takdirde, stabilize edici madde denatüre olabilir veya bozunabilir ve işlevini yerine getirmeyebilir. Öte yandan, şeker kütlesi protein eklenmeden önce çok soğuksa, şeker şurubu içinde homojen bir dağılım elde etmek zor olmaktadır. Çırpma sırasında şeker kütlesi çok sıcaksa, hava kabarcıkları birleşecek ve yoğunluk yeterince düşük olmayacaktır. Tipik olarak şeker kütlesi, havalandırmadan önce jelatinin erime noktasının hemen üzerinde 45-55°C'ye soğutulur. Marshmallow üretiminde havalandırmanın birden fazla yolu vardır. Havalandırma işlemi çırpma işleminden ekstrüzyon sırasında daha hassas hava enjeksiyonuna kadar gerçekleşebilir (Hartel vd., 2018). Havalandırmadan sonra ve son soğutmadan hemen önce isteğe göre çeşitli renk maddeleri ve aromalar gibi bileşenler üretime dahil edilir. Renk ve aroma maddelerinin homojen bir şekilde dağılması aynı zamanda havalandırmanın korunması için olabildiğince yumuşak bir karıştırma işleminin gerçekleşmesi gerekmektedir.

Nihai bileşenler eklendikten sonra üretilen ürünlere istenilen boyut ve şekil kazandırılarak paketleme işlemi yapılır.

1.1.2 Marshmallow Ürünlerinin Bileşimi

Marshmallow tipik olarak su, şeker, glikoz şurubu, jelatin ve aroma verici maddelerle üretilmektedir (Mardani vd., 2019). Aşağıda ticari marshmallow ürünlerinde yer alan bu bileşenlerin açıklaması yapılmıştır.

1.1.2.1 Su

Şekerleme ürünlerinin diğer birçok gıda kategorisine kıyasla tipik olarak nispeten düşük su içeriğine sahip oldukları belirtilebilir. Bu kategorideki ürünlerde ana bileşen su olmasa da, sert veya yumuşak şekerlemelerin dokusunu belirlemede önemlidir. Bilindiği üzere, daha düşük su içeriği daha uzun raf ömrü ile ilişkilendirilmektedir (Ergun, Lietha ve Hartel, 2010). Marshmallow ürünlerinde suyun varlığı ve oranı üretim, ürün kalitesi ve raf ömrü üzerinde çok önemli bir role sahiptir. Üretim prosesinde su, genellikle toz şekerin ve/veya diğer bileşenlerin homojen bir karışım halinde uygun şekilde dağılmasını sağlamak için ilave edilmektedir. Marshmallow ürünlerinde su aktivitesi 0,60-0,75 aralığında değişmektedir (Hartel vd., 2018).

1.1.2.2 Şeker

Sakkaroz, gıdaların bileşiminde genel olarak granül formda ve tatlandırıcı olarak kullanılmaktadır. Bu bileşen glikoz şurubu ile uyum içinde kullanılmakta olup, glikoz şurubu sakkarozun çözünürlüğünü geliştirdiği gibi gıda yapısındaki kristalizasyonu da geciktirir veya önler (Burey, Bhandari, Rutgers, Halley ve Torley, 2009). Şekerin gıdalarda başlıca fonksiyonları arasında tat ve tekstür üzerindeki etkiler ile birlikte Maillard reaksiyonları başta olmak üzere çeşitli teknolojik ve kalite ile ilişkili unsurların yer aldığı belirtilebilir (Di Monaco, Miele, Cabisidan ve Cavella, 2018). Marshmallow üretiminde sadece beyaz kristal şeker ile üretilen örnekler, zamanla sertleşme ve köpüğün elastikiyetini kaybetmesi nedeniyle yapılarında meydana gelen doku değişikliklerine bağlı olarak sınırlı bir raf ömrü ile nitelendirilmektedir. Diğer yandan, nem kaybı, kontrolsüz şeker kristalleşmesi, köpük çökmesi, jel ağı oluşumu ve formülasyona dahil edilen çeşitli bileşenler de sertleşme sürecine katkıda bulunabilir. Bu doğrultuda, Lim, Yin ve Heenan (2006), glikoz şurubu ve yüksek

dekstroz eşdeğeri kombinasyonunun şeker kristalizasyonu üzerinde engelleyici bir etkisi olduğunu bildirmiştir (Periche vd., 2016).

1.1.2.3 Glikoz Şurubu

Glikoz şurupları marshmallow ürünlerinin ana bileşenlerinden biridir. Sağladıkları besin değerine ek olarak, glikoz şurupları tatlılık, yapı, kristalleşme, esmerleşme ve nem düzeyini kontrol etmek için kullanılmaktadır. Glikoz şuruplarının sakkarozla kıyasla daha yüksek çözünürlüğü nedeniyle, sakkaroz ve glikoz şurubu karışımı tek başına sakkarozdan daha yüksek bir konsantrasyona sahip olup böylece %75 çözünür katı konsantrasyonu gibi oranlara kolayca ulaşabilmektedir. Glikoz şuruplarında dönüşüm derecesi arttıkça hidroliz derecesi artar, şurup daha fazla glikoz ve maltoz içerir ve daha tatlı hale gelmektedir. Pratikte tatlılık sıcaklık, pH ve diğer maddelerden de etkilenir. Tipik bir marshmallow üretiminde 62 DE glikoz şurubu kullanılır ve glikoz şurubu oranı %35-45 aralığında değişmektedir (Hartel vd., 2018). Marshmallow şekerlemelerinin üretiminde başlıca rolü tatlandırıcı olan glikoz şurubunun tekstür ve mikrobiyal stabiliteye etkisinin yanı sıra sakkaroz veya jelatin gibi diğer bileşenlerin stabilizasyonunda da etkisi bulunmaktadır (Burey vd., 2009).

1.1.2.4 Stabilizatör

Marshmallow tipi ürünlerde hava hücrelerini stabilize etmek için tipik olarak bir stabilizatör ajan (jelatin, soya proteini, süt proteini veya yumurta albümini) kullanılmaktadır. Havalandırma sırasında bu stabilizatör proteinlerin varlığı, hava kabarcıklarının oluşumunu teşvik eder ve bunların birleşmelerini önlemektedir. Sonuç olarak bir şeker matrisi (sürekli faz) içinde iyice ve homojen dağılım gösteren hava kabarcıklarından oluşan bir köpüklü yapıya ulaşılmaktadır. Tüketicilerin tekstürel ve duyuşsal özelliklere yönelik beklentilerini karşılayabilmek için marshmallow tipi ürünlerde kullanılan başlıca stabilizatör jelatindir. Jelatinin oluşturduğu jel konfigürasyonunun stabilitesine üretimde kullanılan tatlandırıcıların etkisi bulunmaktadır. Örneğin, sakkaroz jelatin çözünürlüğü ve son ürün kararlılığını desteklemektedir. Çünkü sakkaroz/glikoz şurubu karışımları jelatin ile sürekli sıvı fazı oluşturmaktadırlar (Hartel vd., 2018).

Jelatin, bloom (jel kuvveti) derecesine göre kategorize edilmektedir. Yüksek bloom derecesine sahip jelatinler genel olarak daha yüksek molekül ağırlığına sahiptirler ve daha sıkı jel oluşturabilirler. Jelatin çözeltilerinin özellikleri süre, pH ve sıcaklıktan etkilenir. Jelatin, protein yapısına sahip olan bir bileşen olması sebebiyle yüksek sıcaklıklarda tutulması

istenmez. Aynı sebepten jelatin çözeltileri için pH 5,0 ile 6,0 aralığında olmalıdır. Aksi takdirde düşük veya yüksek pH değerleri jelatin çözeltisinde bozulmayı hızlandırmaktadır (Hartel vd., 2018).

Miquelim ve Da Silva Lannes (2009) yaptıkları çalışmada, yumurta albümininden üretilen bir köpük sisteminin özelliklerinin ve etkileşimlerinin nasıl olduğunu belirlemeyi amaçlamışlardır. Bu kapsamda albümin ve jelatin içeren 9 farklı formülasyon ve guar gam içeren diğer 5 farklı formülasyon, tiksotropi belirlemesine odaklanan salınımlı reoloji ile değerlendirilmiştir. Sonuç olarak belli oranlarda kullanılan guar gamın, köpük sistemlerinde jelatinin yerini alabildiğini, ürün reolojisini modifiye edebildiğini ve film stabilitesini iyileştirebildiğini ortaya koymuşlardır. Dabestani ve Yeganehzad (2018) ise yürüttükleri çalışmada yumurta albümininden uygun bir köpük elde etmek için bazı katkı maddelerinin eklenmesi gerektiğini bildirmişler. Bu kapsamda yaptıkları çalışmada formülasyona ilave edilen ksantan gam ve persian gamın köpürme özelliklerini ve köpük kalitesini arttırdığını görmüşlerdir.

1.1.3 Hidrokolloidler

Hidrokolloidler, suda dağıldıklarında viskoz dispersiyonlar ve/veya jeller oluşturma özellikleriyle karakterize edilen heterojen bir uzun zincirli polimerler (polisakaritler ve proteinler) grubudur. Çok sayıda hidroksil (-OH) grubunun mevcudiyeti, onları hidrofilik bileşikler haline getiren su moleküllerini bağlama afinitelerini belirgin şekilde artırır. Ayrıca, gerçek bir çözelti ile bir süspansiyon arasında bir ara madde olan ve bir kolloidin özelliklerini sergileyen bir dispersiyon üretirler. Bu iki özellik göz önüne alındığında, 'hidrofilik kolloidler' veya 'hidrokolloidler' olarak adlandırılırlar (Saha ve Bhattacharya, 2010).

Gıdalarda hidrokolloidlerin yaygın bir şekilde kullanılmasının en önemli nedeni, gıda sisteminin reolojisini değiştirme yetenekleridir. Bu durum, gıda sisteminin iki temel özelliğini içerir; akış davranışı (viskozite) ve mekanik katı özelliği (yapı). Gıda sisteminin yapısının ve/veya viskozitesinin modifikasyonu, duyu özelliklerini değiştirmeye yardımcı olur ve bu nedenle hidrokolloidler, belirli amaçları gerçekleştirmek için oldukça önemli gıda katkı maddeleri olarak gıda üretiminde yer alır (Saha ve Bhattacharya, 2010).

Günümüzde çorbalar, soslar, dondurmalar, reçeller, jöleli tatlılar, kekler ve şekerlemeler gibi birçok gıda ürünüde, istenen yapıyı ve ağız hissini elde etmek için katkı maddesi olarak hidrokolloidler kullanılmaktadır. Hidrokolloidler gıdalarda koyulaştırma,

jelleşme, emülsiyonlaştırma, stabilizasyon, buz ve şekerin kristaller oluşturarak büyümesinin kontrol edilmesi gibi çok çeşitli fonksiyonel özelliklere sahiptir. Gıda ürünlerinin viskozitesinin ve yapısının ayarlanmasındaki rolleri göz önüne alındığında, literatürde farklı hidrokolloidleri tek başına veya kombinasyon halinde kullanan farklı gıda sistemlerine dair çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Saha ve Bhattacharya, 2010).

Hidrokolloidlerin sulu dispersiyonları jel yapısı göstermektedir. Jel oluşumu, polimer zincirlerinin, içindeki suyu hapseden veya hareketsiz hale getirerek akışa dirençli katı bir yapı oluşturmak üzere üç boyutlu bir ağ oluşturmak üzere birleşmesini veya çapraz bağlanmasını içeren bir olgudur. Başka bir deyişle, sistem hem sıvı hem de katı özelliklerini gösteren viskoelastik bir hale gelir. Bir jelin dokusal özellikleri (örneğin, elastik veya kırılğan, uzun veya sürülebilir, çiğnenebilir veya kremi), kullanılan hidrokolloid tipine göre büyük ölçüde değişiklik göstermektedir (Saha ve Bhattacharya, 2010).

Kıvam arttırıcı (yoğunlaştırıcı) ve yapı sağlayıcı olarak yaygın bir şekilde kullanılan kullanılan hidrokolloidler arasında nişasta, ksantan gam, guar gam, keçiyoynuzu gamı, karaya gam, kitre gamı, arap gamı ve selüloz türevleri yer almaktadır. Jelleşen tip hidrokolloidler ise aljinat, pektin, karagenan, jelatin, gellan gam ve agardır (Saha ve Bhattacharya, 2010). Nişasta en yaygın olarak kullanılan koyulaştırıcı ajandır ve hem doğal hem de modifiye edilmiş formları bulunur (Babic, Subaric, Ackar, Kopjar ve Tiban, 2009). Bu jelleştirici ajanların çeşitli fonksiyonları Çizelge 1.1’de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Jelleştirici ajanların çeşitli fonksiyonları

Jelleştirici ajan olarak hidrokolloid	Özellikleri	Uygulama Alanları
Modifiye nişasta	Termal olarak geri dönüşü olmayan opak jeller	Sütlü tatlılar
Agar	Soğutmada ısıyla geri dönüşümlü jeller	Fırınlama ürünleri, jeller
κ-Karagenan ve ι- karagenan	Soğutmada ısıyla geri dönüşümlü jeller	Pudingler, milkshakes, tofu
Pektin	Asidik pH’da soğutmada ısıyla tersinir jeller	Reçeller, jeliler, süt bazlı tatlılar,

Çizelge 1.1 Jelleştirici ajanların çeşitli fonksiyonları (Devamı)

Gellan gam	Soğutmada oluşan ısıyla geri dönüşümlü yüksek şeffaf jeller	Su bazlı meyve aromalı jeliler
Aljinat	Isıtıldığında erimeyen geri dönüşümsüz jeller	Yeniden yapılandırılmış gıdalar, soğuk hazırlanmış pastane kremaları
Metil ve hidroksipropilmetil selüloz	Isıtıldığında eriyen termotersinir jeller	Salata sosları, kek hamurları, içecekler, çırpılmış malzemeler

Kalınlaşma derecesi, hidrokolloidlerin tipine ve doğasına göre değişir, birkaçı oldukça yüksek bir konsantrasyonda düşük viskoziteler verir, ancak çoğu %1'in altındaki konsantrasyonda yüksek viskoziteler verir (Glicksman, 2020). Marshmallow ürünleri özelinde, jelatine alternatif olarak kullanılabilecek hidrokolloid veya benzeri materyaller üzerine yapılmış olan çalışmalara bakıldığında; Mardani vd., (2019) ksantan ve guar gam birlikte kullanmışlardır. Genel olarak hem ksantan hem de guar gam, jelatine kıyasla sistemin nem ve su aktivitesini arttırdığını belirtmişlerdir. Ksantan ve guar karışımı içeren tüm formülasyonlara ksantan gam eklenmesinin erime sıcaklığını ve entalpiyi azalttığını göstermiştir. Dinamik reoloji sonuçlarına göre ise tüm numuneler elastik davranış göstermiştir. Elastik davranışta köpük stabilitesi viskoz davranıştan daha fazla olduğundan, tüm numunelerin köpük stabilitesi nispeten uygun olduğu sonucuna varmışlardır. Bu çalışmadan elde edilen sonuca göre, jelatin içeren numunelerle kıyas yapıldığında, ksantan ve guar gam karışımlarının jelatin ikamesi olarak kullanılabileceği ortaya koyulmuştur. Ayrıca, elde ettikleri sonuçlarla uygun bir hidrokolloid karışımı ve oranı seçerek şekerleme ürünlerinde kabul edilebilir bir havalandırma ve köpürme özelliklerine ulaşabileceğini kanıtlamışlardır.

Bilindiği üzere ksantan gam, *Xanthomonas campestris* bakterisi tarafından üretilen doğal bir polisakkarit ve önemli bir endüstriyel biyopolimerdir. Ksantan gama ait çözeltilerin önemli bir özelliği, keçiyoynuzu gamı ve guar gam gibi bitki galaktomannanları ile etkileşimleridir. Ksantan, keçiyoynuzu gamı ve guar gamı gibi endüstride en yaygın olarak kullanılan galaktomannanlar ile etkileşime girer, böylece bu polimerlerin bir karışımının viskozitesi sinerjistik olarak artar. Keçiyoynuzu ve guar gamları, endüstride en yaygın olarak

kullanılan galaktomannanlardır (García-Ochoa, Santos, Casas ve Gómez, 2000). Sheng vd. (2016) ksantan gam içeren köpük formülasyonları üzerine yaptıkları çalışmada, ksantan gam ilavesi arttıkça köpük stabilitesinin paralel olarak artış gösterdiğini fakat köpürme kabiliyetinin neredeyse etkilenmediği sonucuna varmışlardır. Galaktomannanların yanı sıra, guar gam bileşiminde önemli miktarda protein (yaklaşık %30) ve lif (%8-10) olduğu belirtilmiştir. Guar gam tohum kuru ağırlığının %52-58'ini diyet lifleri temsil etmektedir (Krstonošić, Jovičić-Bata, Maravić, Nikolić ve Dokić, 2021). Guar gam ve ksantan gam kombinasyonları gıda sistemlerinde çözelti viskozitesi üzerinde sinerjik bir etkiye sahiptir (Zeece, 2020).

Marshmallow ürünlerinde havalandırma sürecini iyileştiren bir başka ürün ise yumurta albüminidir. Albümin yumurta beyazından elde edilen bir proteindir. Tüm proteinlerin köpürme özelliği albümine havalandırma kapasitesini verir ve havalandırma, ürünün nihai hacminden, dokusundan ve görünümünden sorumludur (Miquelim ve Da Silva Lannes, 2009). Miquelim ve Da Silva Lannes (2009) yaptıkları çalışmada, yumurta albümininden üretilen bir köpük sisteminin özelliklerinin ve etkileşimlerinin nasıl olduğunu belirlemeyi amaçlamışlardır. Bu kapsamda albümin ve jelatin içeren 9 farklı formülasyon ve guar gam içeren diğer 5 farklı formülasyon, tiksotropi belirlemesine odaklanan salınımlı reoloji ile değerlendirilmiştir. Sonuç olarak belli oranlarda kullanılan guar zatkının, köpük sistemlerinde jelatinin yerini alabildiğini, reolojisini değiştirebildiğini ve film stabilitesini iyileştirebildiğini ortaya koymuşlardır. Dabestani ve Yeganehzad (2018) yürüttükleri çalışmada yumurta albümininden uygun bir köpük elde etmek için bazı katkı maddelerinin eklenmesi gerektiğini bildirmişler. Formülasyona ilave edilen ksantan gam ve persian gamın köpürme özelliklerini ve köpük kalitesini arttırdığını görmüşlerdir.

Temel olarak gıda ürünlerine yapı ve sertlik kazandırma yeteneğinden dolayı kullanılan bir başka bileşen ise pektindir (De Cindio, Gabriele ve Lupi, 2016). Pektinin jelleşme özellikleri yüzyıllardır bilinmektedir, ancak ticari pektinin izolasyonu ancak yirminci yüzyılın başında başlamıştır (Flutto, 2003). Moorhouse (2004), pektinin marshmallow üretiminde jelatin yerine kullanılabileceğini öne sürmüştür. Tipik olarak bu havalandırılmış ürün, güçlü bir elastik doku veren jelatinden üretilir. Pektin bu dokuyu tam olarak yeniden üretmese de pektinin hayvansal olmayan hammadde kaynağı veya doğal meyve temeli, mükemmel lezzet salımı ve ısı stabilitesi (sıcak iklim için) ile birlikte, düşük pH'ta jelleşen spesifik pektinlerin kullanımını ilginç hale getirdiğini bildirmişlerdir.

Gıda endüstrisinde jelatin, bağlayıcı ajan, stabilizatör, jelleştirici ajan, yapıştırıcı, viskozite ajanı ve emülgatör olarak kullanılmaktadır. Jelatin aynı zamanda bir köpürtücü ajandır. Jelatinin bu köpürme özellikleri, marshmallow gibi gıdalar için önemli bir fonksiyon niteliğindedir. Sasmitaloka (2017), jelatin konusunda dikkat edilmesi gereken önemli hususlardan birisinin Müslümanlar için helal niteliği olduğudur. Dünyadaki jelatinin büyük bir çoğunluğu domuz kemiğinden ve derisinden üretilir; bu nedenle biri balık olmak üzere diğer hayvansal kaynaklardan jelatin üretiminin geliştirilmesine ihtiyaç vardır (Eddy ve Editya, 2020).

Jelatin çok çeşitli fonksiyonel özellikler sergilemektedir. Şekerleme sektöründe, jel tipi şekerlemelerde jelleştirici ajan olarak kullanılmaktadır. Jelatinin meydana getirdiği jel yapı nispeten düşük sıcaklıkta erir (ağızda erir) ve yavaş sertleşir; tüm bu özellikler jelatini yoğurt ürünlerinde, az yağlı sürülebilir ürünlerde ve özellikle yumuşak ve çiğnenebilir yapıdaki şekerlemelerde tercih edilen bir bileşen yapmaktadır. Marshmallow tipi ürünlerde, esneklik ve köpüklü yapı için jelleştirici madde olarak jelatin çok yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Saha ve Bhattacharya, 2010).

Jelatin ikamesi konusu vejetaryen, helal ve koşer pazarları için uzun yıllardır var olmuştur, ancak son on yılda, özellikle 1980'lerde sığır ensefalopatisinin (deli dana hastalığı) ortaya çıkmasıyla Avrupa'da artan bir ilgi kazanmıştır. O zamandan itibaren, muhtemelen enfekte olmuş hayvan parçalarından elde edilen jelatin kullanımı konusunda büyük bir endişe yaratmıştır. Ticari jelatinlerin çoğu ya domuz derisinden ya da inek derisinden elde edildiğinden, alternatif ikame maddelerinin bulunması ve kullanılmasına dair büyük ilgiyi beraberinde getirmiştir. Sonuç olarak, akademi ve gıda endüstrisi, jelatinin benzersiz fonksiyonel özelliklerinin çoğuna veya tümüne sahip olan jelatine alternatifler geliştirmek için uzun yıllardır çaba göstermektedir. Helal/koşer jelatine yönelik öngörülebilir talebin etkisiyle endüstriler artık, jelatinin işleme yardımcısı veya bileşen olarak kullanılmadığı jelatinsiz ürünler geliştirmeye çalışmaktadır. Bu kapsamda, jelatininin yerini alabilecek yeni ajanların araştırılması, balık jelatini üretimi için patentlerin alınmasını sağlamıştır. Ek olarak, nişasta/modifiye nişasta, pektin, karagenan ve agar gibi farklı orjinli hidrokolloidlerden jelatin alternatiflerinin veya ikamelerinin geliştirilmesine ilişkin de çeşitli patentler ortaya çıkmıştır (Karim ve Bhat, 2008).

1.1.4 Gellan Gam

Polisakkaritler bitkiler, hayvanlar ve mikroorganizmalar dahil olmak üzere tüm organizmalar tarafından üretilirler. Bu moleküller nişasta, selüloz ve glikozaminoglikanlar gibi bileşiklerin getirdiği enerji depolama, hücre duvarının inşaatı ve hücreler arası iletişim gibi çeşitli biyolojik işlevlere sahiptirler. Endüstride kullanılan polisakkaritlerin çoğu bitki ve deniz yosunu kaynaklıdır. Fakat son zamanlarda mikroorganizmalardan elde edilen polisakkaritler önemli biyopolimerler olarak görülmektedir. Mikrobiyal kökenli Arap gamı ve karagenan gibi doğal gamlar ekonomik olması sebebiyle de yaygın bir kullanıma sahiptir. Gıda endüstrisinden yaygın olarak kullanılan diğer mikrobiyal polisakkaritler ise bakteriyel selüloz, pullulan, ksantan gam ve gellan gam olarak sıralanabilir (Jindal ve Khattar, 2018).

Gellan gam ilk olarak 1970'lerde tanımlanmıştır ve ticari olarak üretimi 1980'lerde başlamıştır. Gellan gam günümüzde patent altında iki farklı formda üretilmektedir; Kelcogel ve Gelrite. İlki koyulaştırıcı ve jelleştirici ajan olarak kullanılmakta olup; ikincisi ise mikrobiyal büyüme için ortamdaki agarın yerini alarak katılaştırıcı bir ajan olarak kullanılmaktadır (Giavasis, Harvey ve McNeil, 2000). Gıda endüstrisi için jelatin alternatifleri geliştirme yaklaşımı uygulamaya/sürece özel olmalıdır. Evrensel bir bileşenin veya bir polisakkarit gam sisteminin her gıda uygulamasında jelatinin yerini alması pek olası değildir. Gıda endüstrisi için olası bir jelatin alternatifi gellan gamdır. Gellan gam, aerobik fermentasyon sırasında *Sphingomonas elodea* organizması tarafından üretilen hücre dışı polisakkarittir (Morrison, Clark, Chen, Talashek ve Sworn, 1999). Doğal olarak ikame edilmiş formu yüksek açilli gellan olarak adlandırılırken, alkalik pH'da maruz bırakılmasıyla oluşan formu düşük açilli gellan olarak tanımlanır. Her iki formu da sıcak suda çözünür. Fakat düşük açilli gellan gam oda sıcaklığında iken düşük iyonik kuvvette ve kalsiyum içermeyen ortamda da çözünebilir. Yüksek ve düşük açilli gellan gam formları soğutulduklarında jel oluşturabilme kapasitesine sahiptir. Yüksek açilli gellan gamın jel dokusu yumuşak ve elastik iken düşük açilli gellan gam jelleri sert ve kırılabilir jeller üretmektedir (Sworn ve Stouby, 2021). İyonların varlığıyla birlikte çift sarmalların birleşmesi teşvik edilir ve jelleşme meydana gelir (Asghar, Nazir ve Maan, 2023). Gellan gamın jelleşme özelliği gıdalarda diyet lifi olarak kullanılmasını kısıtlamaktadır. Gıda yapısının formunu korumak amacıyla yüksek konsantrasyonlarda kullanılamaz (Cui, Wu ve Ding, 2013). Ayrıca gellan gamın gıda ürünlerinde sınırlı olarak kullanılmasının bir diğer sebebi ise onun en pahalı hidrokolloidlerden biri olmasıdır (Morales ve Ruiz, 2016).

Gellan gam, yüksek sıcaklık ve düşük pH koşullarına dayanıklı bir polisakkarit olması sebebiyle biyoaktif bileşilerin mide asidik koşullarına karşı koruyabilecek potansiyele sahiptir. Bu sebeple gellan gam kapsülleme sistemlerinde kullanılmasının yanı sıra biyoaktif bileşikler tutan elektrostatik kompleksler geliştirmek için de kullanılmaktadır (Fonseca, Santos, Czaikoski ve Cunha, 2022).

Gıda ürünlerinin güvenilirliğini sağlayan ve raf ömrünü arttıran antimikrobiyal özelliğe sahip aktif ambalajların kullanılması da bir başka ilgi konusudur. Biyolojik olarak parçalanabilir kompozit film ve zarların geliştirilmesinde gellan gam kullanımı, aktif paketleme uygulamaları için de yeni bir pencere açmaktadır (Rukmanikrishnan, Ismail, Manoharan, Kim ve Lee, 2020). Konuya ilişkin bir çalışma Xie vd. (2021) tarafından yürütülmüştür ve gellan gam kompozit filmleri oluşturulmuştur. Gıda endüstrisinde bu kompozit filmlerin aktif gıda ambalajı olarak kullanılmasının umut verici bir potansiyellere sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Gellan gamın gıda endüstrisinde şekerlemelerde, kremalarda, reçellerde ve jölelerde jelleştirici, koyulaştırıcı ve bağlayıcı ajan olarak kullanımları mevcuttur. Vegan yoğurt ve krema gibi bazı süt ürünlerinde jelatin ikamesi olarak kullanılmaktadır (Jindal ve Khattar, 2018). Gellan gamın sıvı jel oluşumu aynı zamanda muhallebi ve et suyu üretiminde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Diğer jelleştirici ajanlara göre, gellan gam düşük konsantrasyonlarda bile işlevseldir ve tüm iyonlarla jel oluşturabilme kabiliyetine sahiptir (Sworn vd., 1995).

Gellan gam, gıda endüstrisinde, jöle gibi jelleşmiş ürünlerin jelleşme özelliklerini geliştirmek amacıyla da kullanılmaktadır. Jel oluşumu için yüksek şekere ihtiyaç duyan pektine alternatif olarak jölelerde kullanılmaktadır (Dev vd., 2022). Gellan gam aynı zamanda katı şekerleme ürünlerinde karagenan ve nişasta ile birlikte, şekerleme dokusunun daha elastik ve daha berrak olması amacıyla kullanılmıştır (Karim ve Bhat, 2008).

Morrison vd. (1999) değişken yapısal ve fonksiyonel özelliklere sahip bir dizi gellan gam incelemiştir. Gliserat parametrelerindeki değişikliklerin gellan gam jellerinin yapısal ve reolojik özellikleri üzerinde derin bir etkisi olduğunu görmüşlerdir. Bu yeni gellan gam ürünleri benzersiz özelliklere sahip olduğunu ve çok yönlü bir hidrokolloid bileşen ile gıda sistemlerinde bir dizi işlevsellik sağlayacağını belirtmişlerdir.

1.1.5 Aquafaba

Günümüzde tüketicilerin sağlık, ekonomi, dini, kültürel ve en önemlisi gıda güvenliği gibi sebeplerden dolayı et ve diğer hayvansal ürünlerin tüketimine karşı azalma eğilimi vardır. Buna karşın vegan-vejetaryan besleme tarzları ve bitki bazlı diyetler popülerlik kazanmıştır. Et ürünleri artık yerini soya bazlı, tahıl bazlı, bitki bazlı bileşenlere bırakmaktadır. Yüksek protein ve yüksek lif içeriğine sahip olan, nohut başta olmak üzere, mercimek ve soya fasulyesi gibi bileşenlere talep giderek artmaktadır (Shim vd., 2021). Artan tüketici bilinci sayesinde, tüketiciler davranışlarını değiştirerek çevre dostu gıdaları tercih ederek karbon ayak izlerini azaltmak ve iklim değişikliği sorununu çözmek istemektedir. Bu istek onları hayvan bazlı ürünlerin yerine bitki bazlı ürünler tercih etmeye etmektedir (He, Meda ve Reaney, 2021).

Aquafaba, geleneksel beslenmenin önemli bir parçasını oluşturan baklagiller grubuna ait nohut, fasulye gibi bakliyatların pişirilmesiyle elde edilen, genellikle atık olarak nitelendirilen sudan oluşan viskoz bir sıvıdır (Tufaro vd., 2023). Bu baklagillerin pişmesi esnasında suya, suda çözünen polisakkaritler ve proteinler geçmektedir. Aquafaba bileşiminde %95 nem, %1 protein ve şekerler dahil %1,3 çözünür karbonhidratlar bulunmaktadır. Bu bitkisel bazlı sıvı, protein ve karbonhidrat içeriği sayesinde emülgatör görevi görmekle birlikte çırpıldıklarında iyi bir köpürtücü ajan olarak fonksiyonel gıda ürünlerinde kullanılmaktadır (Buhl, Christensen ve Hammershøj, 2019).

1.1.5.1 Aquafaba Tarihçesi

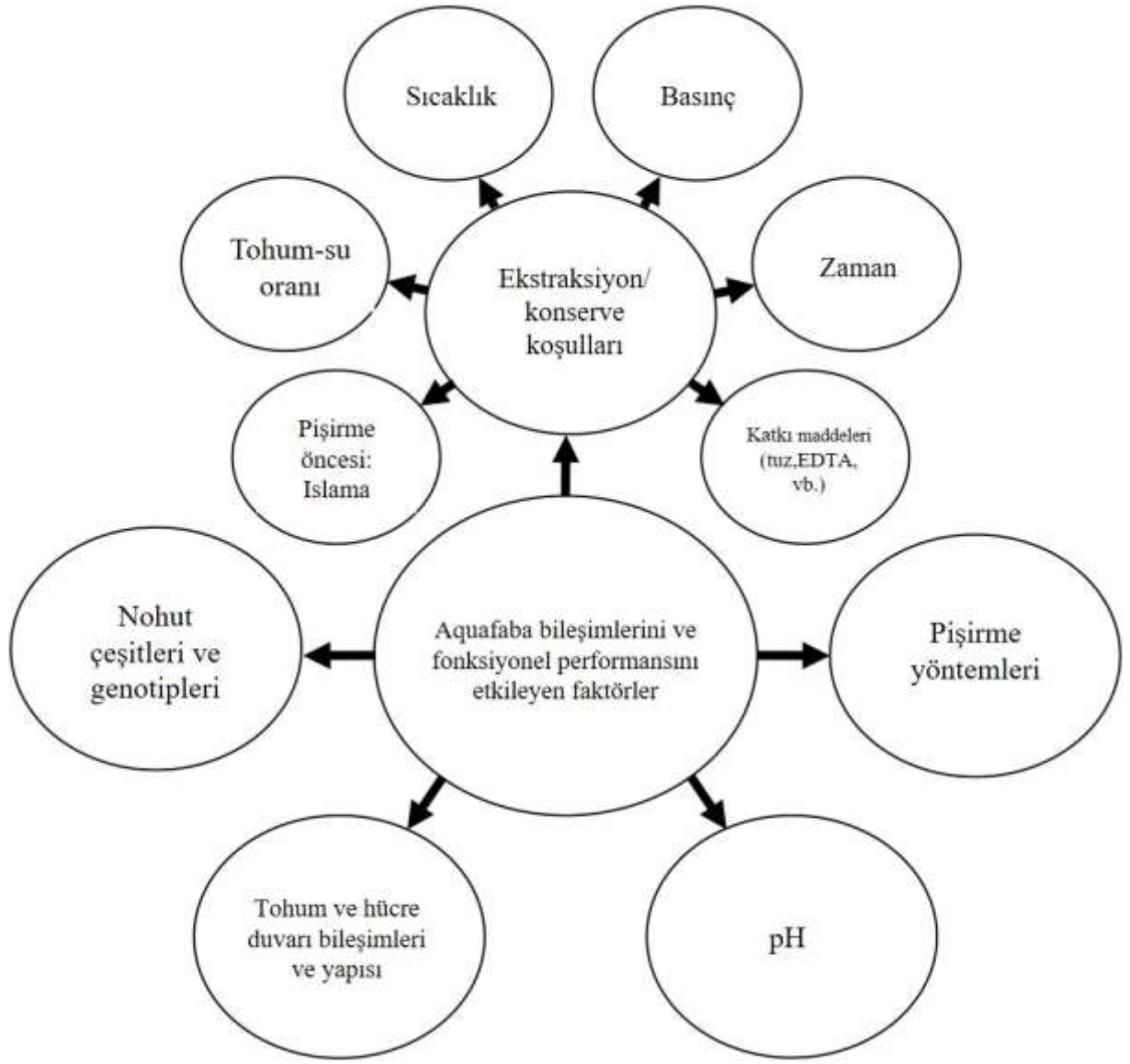
Aquafaba vegan Fransız bir müzisyen olan Joël Roessel tarafından tanımlanmıştır. Vegan beslenmeyi seçen Roessel yumurta beyazını tatlılarında ikame etmek istemiş ve aquafabayı çeşitli tariflerinde kullanmıştır. Aquafabanın köpük stabilitesini mısır nişastası ve guar gam kullanarak geliştirmiştir. Aynı zamanlarda ABD’de Goose Wohlt isimli bir yazılımcı aquafaba ve şeker kullanarak yumurta akını beze tariflerinden kaldırmıştır. Aquafaba adını verdiği bileşimin adı ise ise; su: *aqua*, fasulye: *faba*’dan gelmektedir. Shim vd. (2018), bilimsel literatürde ilk kez aquafaba adını kullanmış ve bu sıvının bileşimi üzerine bir çalışma yayınlamışlardır (Echeverria-Jaramillo ve Shin, 2023).

1.1.5.2 Aquafaba Bileşimi

Nohut, temel olarak dirençli nişasta ve suda çözünen liflerden oluşur. Protein, karbonhidrat ve polifenollerce zengindir (Kim ve Shin, 2022). Aquafaba nohuttan elde edilen pişirme suyudur ve bileşimi baklagillere bağlıdır. Yemek atığı olarak görülen bu sıvı aynı zamanda saponinler ve fenolik bileşikler açısından da zengindir (Raikos, Hayes ve Ni, 2020). Aquafabanın bileşimi işlevsel özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir. Bu özellikler nohut tohumunun bileşimine, ıslatma ve pişirme süresine, pişirildiği sıcaklık ve süreye göre değişmektedir (Mustafa, He, Shim ve Reaney, 2018).

Setarehnejad ve Hall (2021), pişirme yöntemlerinin aquafaba işlevselliği üzerine etkisini araştırmışlardır. Üç farklı pişirme yöntemi kullanmışlardır. Bunlar; basınçlı pişirme, otoklavda pişirme ve konservedir. Aquafabanın, yumurta akı ikamesi olarak uygunluğunu belirlemek amacıyla örnekleri sıvı ve kurutulmuş formatta araştırmışlardır. Çeşitli pişirme yöntemlerinin sıvı ve kurutulmuş aquafabanın fonksiyonel özelliğini değiştirdiğini ortaya koymuşlardır. Konserve edilmiş sıvı aquafaba örneklerinin, kurutulmuş aquafaba ve yumurta akından daha yüksek köpürme kapasitesine sahip olduğunu bildirmişlerdir.

He vd. (2021) aquafabayı yeni bir bitki bazlı reolojik katkı maddesi olarak tanımlamış ve aquafanın köpürme, emülsifikasyon ve jelleşme özelliğine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Aquafabanın bu işlevselliğinin ise nohutların genotipine, bileşimine ve işleme koşullarına bağlı olduğunu tartışmışlardır (Şekil 1.2).



Şekil 1.2 Aquafaba kalitesini ve fonksiyonel performansını etkileyen faktörler

Aquafabanın kalitesi ve özellikleri, pişme sırasında nohuttan geçen bileşiklerden kaynaklanır. Nohut tohumlarının hücre duvarı ve yapısı aquafabanın fonksiyonel özelliklerini etkileyen seçici bir zar görevi görür. Nohut tohumlarının fiziksel özellikleri ise, genotipine, tohumların olgunlaşmasına ve çevre koşullarına (sıcaklık, toprak ve nem) bağlıdır (Shim vd., 2021). Farklı nohut çeşitleri pişirme suyunun bileşimi ve farklılığı üzerine etkilidir. Örneğin daha küçük çeşitlerin daha büyük baklagillere kıyasla daha fazla protein içerdiğini bildirmişlerdir (Echeverria-Jaramillo ve Shin, 2023).

Aquafaba bileşimindeki farklılıklar nohut çeşitlerinin farklılığının yanı sıra pişirme prosedürlerindeki farklılıklardan da kaynaklanmaktadır. Bu da aquafabanın köpürme ve

emülsifiye edici özelliklerini etkilemektedir. (Mustafa vd., 2018). Shim vd. (2018), farklı marka nohut konserveleri arasındaki köpürme ve emülsifiye edici özelliklerindeki en büyük farklılığın esas olarak nohut çeşitleri, konserveleme ve proses koşullarındaki farklılıklardan kullanılan katkı maddelerinin değişiklik göstermesinden kaynaklandığını bildirmişlerdir. Çalışma kapsamında 10 farklı konserve nohuttan elde edilen aquafabayı analiz etmişlerdir. Aquafaba nem içeriğinin %93,6 ile %95,1 arasında değiştiğini ve karbon ve protein içeriğinin %22,7 ile %39,2 arasında değiştiğini ortaya koymuşlardır.

Aquafaba bileşimini etkileyen bir başka parametre ise ıslatmadır. Islatma baklagil kuru tohumunun dokusunu yumuşatmayı ve pişirme süresini azaltmayı amaçlayan bir ön işlemdir (Echeverria-Jaramillo ve Shin, 2023). He vd. (2021) yürüttükleri çalışmada ıslatmanın aquafaba verimliliği üzerinde etkili olduğunu ve aquafabanın fonksiyonel özelliklerini geliştirdiğini bildirmişlerdir. Aquafabanın emülsiyon özelliklerinin en iyi olduğu en uygun sıcaklığın 4°C veya 23°C olduğunu rapor etmişlerdir.

Aquafabanın köpürme ve emülsiyon özellikleri suda çözünen ve suda çözünmeyen protein/karbonhidratlar, polisakkarit-protein kompleksleri, saponinler ve fenolik bileşiklerin konsantrasyonlarıyla ilişkilidir. Aquafaba bileşimindeki proteinler düşük molekül ağırlığa sahip amfifilik moleküllerdir. Bu moleküller, yağ-su arayüzüne birleşerek arayüz gerilimini düşürür ve moleküller arasında kohezif bir film oluşturur. Aquafaba bileşiminde bulunan polisakkaritler, sulu fazın viskozitesini değiştirerek emülsiyon kapasitesini artırır. Aquafaba içeriğindeki fenolik bileşikler ve saponinler de protein ve polisakkaritlerle bağ kurarak emülsifiye edici özellikleri geliştirmektedir.

Aquafaba üretiminde en önemli adım ise pişirmedir. Isıl işlem, protein denatürasyonuna ve nişasta jelatinleşmesine neden olur, bu da onların su ve şekerleri tutma ve aynı zamanda gıda yapısı oluşturma kapasitelerini yansıtan gıda sistemlerine dahil edilmesini etkiler (Alsalman, Tulbek, Nickerson ve Ramaswamy, 2020). Uzun süren pişirme prosesleri seçici zar katmanlarındaki hücre duvarına zarar vererek daha büyük moleküllü bileşiklerin aquafabaya geçmesine izin verir ve emülsiyon özelliklerini düşürür. Kısa pişirme süreleri de nohut tohumu bileşiklerini yeterince yumuşatmaz ve benzer bir sonuç ortaya koyar (He vd., 2021). Nohutun pişmesiyle içindeki şeker oranı düşmektedir. Karbonhidratların kaybolan kısmının pişme suyuna geçmektedir. Pişirme ayrıca nohutun protein ve kül içeriğini azaltmaktadır. Bu da bakliyalardan pişirme suyuna küçük protein fraksiyonlarının sızabileceğini göstermiştir. Ayrıca baklagillerde bulunan ve saponinler olarak bilinen

fitokimyasallar, kimyasal yapıları nedeniyle emülsifiye edici özellik göstermektedir (Stantiall vd., 2018). Stantiall vd. (2018)'de yaptıkları çalışmada jelleşme yeteneklerinin pişirme suyundaki çözünmeyen liflerle de yüksek oranda ilişkili olabileceğini ve köpürme yeteneklerinin protein içeriğiyle ilişkili olduğunu ortaya koymuşlardır.

1.1.5.3 Aquafabanın Fiziksel Özellikleri

Aquafabanın fiziksel özelliklerini belirleyen pH, yoğunluk, su tutma kapasitesi gibi özellikleri, aquafabanın işlevsel özelliklerini de belirlemektedir. Aquafaba 6,26 değeri ile hafif asidik bir pH'a sahiptir. Daha düşük pH'da, proteinlerin pozitif yükleri artmaktadır. Bu da protein molekülleri arasındaki hidrofobik etkileşimi zayıflatarak yüzey gerilimini azaltır. Bu durum aquafabanın köpürme ve emülsifiye edici özelliklerinde bir artışa yol açar. Aquafabanın yoğunluğu ise 1,02-1,03 g/mL olarak belirtilmiştir (He vd., 2021).

1.1.5.4 Aquafabanın Köpürme Özellikleri

Aquafaba ağırlıklı olarak nişasta olmak üzere önemli miktarda karbonhidrat, protein ve saponinler içeren, nohutları pişirme sürecinden elde edilen atık sudur. Aquafaba gıda formülasyonlarında dokuyu iyileştirici ve jelleştirici etkiye sahip olmasının yanında iyi bir emülsifiye edici ve köruk oluşturma yeteneğine sahiptir (Buhl vd., 2019). Köpürme kapasitesindeki değişiklik çırpma süresi ve aquafaba bileşimindeki farklılıklara dayanmaktadır. Ayrıca nohut tohumlarının farklı sıcaklık ve basınçlarda pişirilmesi köpürme özelliklerini etkileyen faktörlerdendir. Pişirmenin uzun süre olduğu durumlarda, hücre duvarının parçalanması köpük kapasitesini azaltmaktadır. Köpük stabilitesi pH ile ilişkilidir ve proteinlerin izoelektrik noktasına en yakın olduğu pH'da köpük stabilitesi maksimum seviyelerdedir (He vd., 2021).

Meurer, Souza ve Marczak (2020) ultrason teknolojisi kullanarak, aquafabanın, köpürme ve emülsifiye etme özelliklerini geliştirmeyi amaçlamışlardır. Aquafaba örneklerine 20 kHz frekansında ultrason uygulamışlar ve köpük genleşmesi ve stabilitesi üzerine olumlu etkileri olduğunu göstermişlerdir. Aquafaba üzerine ultrason kullanımının köpürme ve emülsifiye etme özelliklerinde etkili bir gelişme sağladığını ve yumurta ikamesi olarak çeşitli formülasyonlarda kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır.

1.1.5.5 Aquafabanın Gıdalarda Kullanımı

Günümüzde, çeşitli sebeplerden dolayı hayvan kaynaklı proteinlerin yerini bitki bazlı proteinler almaktadır. Pişmiş nohut suyundan elde edilen aquafaba birçok gıdada kullanılmaya başlamıştır. Nguyen, Nguyen, Tran ve Le (2020), aquafabayı farklı işleme yöntemleri kullanarak hazırlamış ve yumurta içermeyen kek formülasyonlarına dahil etmişlerdir. Keklerde yumurta ikamesi olarak aquafaba kullanılmasının keklerin hacmi, yoğunluğu, özgül hacmi, ağırlık kaybı ve dokusunu iyileştirdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca aquafaba kullanılan keklerin sertlik değerleri, yumurta akı kullanılan keklerle göre daha düşük çıkmıştır. Sonuç olarak aquafabanın kek ürünlerinde yumurta akı ikamesi olarak kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır.

Aquafaba ticari olarak vegan mayonez ve tereyağı ürünlerinin üretilmesinde yer almaktadır. Bunun yanı sıra aquafaba, beze, kek, dondurma, puding, unlu mamüller ve peynir gibi gıdalarda da kullanılmaktadır. Mustafa vd., (2018) aquafaba kullanarak yumurtasız pandispanya hazırlamış ve aquafabanın köpürme ve emülsifiye edici özelliklerini incelemişlerdir. Aquafaba ve yumurta akı içeren pandispanyaların fiziksel ve köpürme özelliklerini karşılaştırdıklarında, aquafabanın keklerde veya pişmiş şekerleme ürünlerinde yumurtanın yerini alabileceğini belirtmişlerdir. Kek ürünlerinde yapılan bir başka araştırma ise Aslan ve Ertaş (2020) tarafından yürütülmüştür. Farklı oranlarda (%0-25-50-75-100) aquafaba kullanımının kek formülasyonlarında yumurta ikamesi olup olamayacağını araştırmışlardır. Kek örneklerini fiziksel, kimyasal ve duyuşa olarak incelemişlerdir. Keklerde %25'e kadar aquafaba kullanımının kontrol kek örnekleri ile benzer hacim indeksi değerleri verdiğini; yumurta ve aquafaba içeren keklerin köpürme stabilitelerinin benzer olduğunu ortaya koymuşlardır.

Fransız bezesi olarak adlandırılan şekerleme ürününde yumurta ikamesi olarak ultrason destekli aquafaba kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, ultrason desteğinin aquafabanın köpürme ve emülsifiye edici özelliklerinde etkili bir gelişim sağladığını ve beze ürünlerinde yumurta ikamesi olarak kullanılma potansiyelinin olduğunu göstermiştir (Meurer vd., 2020). Vegan beze ve mayonez formülasyonlarını geliştirmek amacıyla yapılan bir başka çalışmada ise aquafaba köpüklerinin yumurta beyazını ikame edebileceği belirtilmiştir (Lafarga vd., 2019).

Son yıllarda artan vegan ve vejeteryan topluluklarda vegan dostu ürünler için artan bir talep vardır. Atık olarak nitelendirilen aquafabanın lif ve proteince zengin olması vegan dostu ürünlerde yumurta ikamesi olarak kullanılabileceğini akla getirmiştir. Güçlü bir emülsifiye edici olan aquafabanın kremalarda yumurta ikamesi olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir (Damian, Huo ve Serventi, 2018).

Köpürme, jelleşme ve emülsifiye etme özelliğine sahip olduğu bilinen aquafaba glutensiz ekmeklerde doku geliştirici olarak kullanılmıştır. Aquafabanın bu çalışmadaki amacı hidrokolloidlere alternatif olmasıdır. Düşük dozlarda aquafaba ilavesinin ekmek hacminde, yapısında ve gaz dağılımında iyileşme sağladığı görülmüştür. Aynı zamanda ekmeklerin sertliğini azaltarak daha homojen bir yapıya sahip olmasını sağlamıştır (Bird, Pilkington, Saputra ve Serventi, 2017).

Glutensiz ürünler üzerinde yapılan bir başka çalışma ise Serveti vd. (2018) tarafından yapılmıştır. Glutensiz kraker formülasyonlarına aquafaba eklenmesinin depolama sırasında sertleşmeyi önlediğini bildirmişlerdir. Bayatlamayı geciktirici özelliklerin, su tutma kabiliyetinin yüksek olmasıyla birlikte nem içeriğinin yüksek olmasından kaynaklandığını gözlemlemişlerdir.

Mayonez, homojen sulu fazda emülsifiye edilmiş yağ damlacıklarından oluşan, yapısal olarak kolloidal bir sistemdir. Son yıllarda düşük yağ içeriğine sahip ve yumurta içermeyen ürünlerin geliştirilmesi üzerine çok sayıda girişimlerde bulunulmuştur. Yumurta içermeyen mayonez formülasyonu geliştirme sürecindeki ana zorluklardan biri köpük yapısını ve stabiliteyi bozmadan yumurtanın yerini alabilecek uygun bileşimi bulmaktır. Bu amaçla bitki kökenli aquafaba, vegan mayonez formülasyonu geliştirmede potansiyel bir yumurta sarısı ikamesi olmuştur. Raikos vd., (2019)'da yaptıkları çalışmada aquafabanın bu özelliklerinden faydalanarak vegan mayonez formülasyonu geliştirmişlerdir. Aquafaba ile sağlanan yağ-su emülsiyonunun soğuk depolama sırasında 21 gün boyunca stabil kaldığını ortaya koymuşlardır. Aquafabanın fiziksel ve kimyasal bileşimi, kalitesi ve fonksiyonel özellikleri göz önünde bulundurulduğunda, aquafaba ve aquafaba bazlı ürünlerin ticarileşmesi yakın gelecekte çok daha fazla ilgi ve talebe yol açacaktır. Mayonez, kek, salata sosları, ekmek, beze, peynir, dondurma ve şekerlemeler gibi ürünlerin formülasyonlarında emülgatör, köpürtücü ajan veya bağlayıcı madde olarak kullanımının önü oldukça açıktır. Aquafabanın bu özelliklerinden yararlanmak aynı zamanda bakliyat işleme endüstrisinden kaynaklanan yan ürün atıklarını da değerlendirerek karbon ayak izini azaltmaktadır.

1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Şekerleme sektörü tüketici beklenti ve trendlerinden çok fazla etkilenmektedir. Son yıllarda jelatin alternatifleri kullanılarak hazırlanan ve farklı beslenme içeriğinde bitkisel-mikrobiyal kaynaklı farklı beslenme tarzlarına uygun ürünlere yönelik talep ve ilgi Dünya genelinde gün geçtikçe artmaktadır. Ancak bu ürünlerin konvansiyonel bileşime sahip olanlar ile aynı kalite özelliklerine sahip olarak geliştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca reformülasyon sonrası elde edilen ürünlerin sürdürülebilir ve ticarileştirme potansiyelinin yüksek olması başlıca kriterlerdendir. Bu tez çalışmasında, ilk aşamada jelatinin köpük yapıcı özelliğine sahip aquafaba ve yüksek jelleşme özelliğine sahip bir hidrokolloid olan gellan gam ile ikamesi sağlanarak optimum bileşime sahip marshmallow üretimi yapılmıştır. İkinci aşamada ise üretim yapılan optimum örnekte çeşitli kalite analizleri gerçekleştirilerek, elde edilen veriler kontrol örneği (standart jelatin içeren marshmallow) ile karşılaştırılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Materyal

Marshmallow tipi yumuşak şekerleme örneklerinin hazırlanmasında; su, pudra şekeri (TSM Gıda San. Tic. Paz. A.Ş), 250 bloom sığır jelatini (Sel-Jel Jelatin, İstanbul), gellan gam (CP Kelco, Kelcogel Gellan Gam), aquafaba tozu (Döhler, İstanbul) kullanılmıştır.

2.2 Yöntem

2.2.1 Marshmallow Örneklerinin Üretilmesi

Marshmallow örnekleri 27,1 g su/100 g, 66 g pudra şekeri/100 g ve 6,9 g jelatin/100 g olarak hazırlanmıştır. Jelatin içermeyen marshmallow ürünlerinin yapımında Design Expert 7.0.0. (USA) programının Response Surface-Central Composite tasarımı kullanılmıştır. Yapılan ön denemeler sonucunda marshmallow örneklerinde aquafaba ve gellan gam için minimum ve maksimum noktalar sırasıyla %0,5-2 ve %0-1 olarak belirlenmiştir (Çizelge 2.1). Bu kapsamda jelatin içermeyen marshmallow örneklerinin hazırlanması laboratuvar ortamında Thermomix (TM31, Vorwerk, Wuppertal, Almanya) cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Kontrol grubu örnekleri Şekil 1.1’de ifade edilen standart marshmallow üretim metoduna göre üretilmiştir. Stabilizatör olarak jelatin kullanılmış ve jelatin solüsyonu 1:2 (jelatin/su) oranında çirileştirilerek hazırlanmış ve şeker şurubuna 70°C’de ilave edilmiştir.

Jelatin içermeyen örnek grupları ise öncelikle aquafaba tozu 1:10 (aquafaba/su) oranında su ile çözündürülmüş ve Thermomix kullanılarak 40 dakika boyunca 700 rpm’de çırpılmıştır. Diğer bir tarafta Çizelge 2.1’de ifade edilen her bir örneğin formülasyonundaki pudra şekeri ve su 107-110°C’de 300 rpm’de 10 dakika pişirilmiştir. Daha sonra gellan gam, hazır haldeki şeker şurubuna ilave edilerek 5 dakika daha karıştırma işlemi gerçekleştirilmiştir ve süre sonunda karışım ocaktan alınmıştır. Hazırlanan aquafaba köpüğünün üzerine, gellan gam içeren şeker şurubu çok yavaş olacak şekilde ilave edilmiştir (Şekil 2.1). Havalandırma işlemi için hazır olan miks 40°C’ye soğutulmuş ve havalandırma işlemi 10 dakika boyunca 200 rpm’de gerçekleştirilmiştir. Havalandırma sonrasında elde edilen ürün, kalıplara aktararak 15-18°C’de 24 saat muhafaza edilmiştir (Şekil 2.1). Örneklerin üretimi sonrası yapılan yoğunluk analizi verileri ve ertesi gün örneklerde yapılan genel beğeni duyu analizi sonuçları response olarak alınarak Design Expert programına aktarılmış ve optimum bileşim

tespit edilmiştir. Elde edilen bu optimum formülasyon kullanılarak örnek üretimi gerçekleştirilmiştir. Ardından, optimize edilmiş jelatin içermeyen örnek ile birlikte kontrol örneğinde çeşitli kalite analizleri yapılarak sonuçların yorumlaması yapılmıştır.

Çizelge 2.1. Jelatinsiz marshmallow formülasyonu deneme planı

Kod Değerler			Gerçek Değerler		Diğer Değerler	
Deneme no	X ₁	X ₂	Aquafaba (%)	Gellan Gam (%)	P. Şekeri (%)	Su (%)
1	1,25	1,00	1,25	1,00	68,00	29,75
2	1,25	0,50	1,25	0,50	68,00	30,25
3	2,00	0,50	2,00	0,50	68,00	29,50
4	2,00	1,00	2,00	1,00	68,00	29,00
5	2,00	0,00	2,00	0,00	68,00	30,00
6	0,50	0,00	0,50	0,00	68,00	31,50
7	1,25	0,00	1,25	0,00	68,00	30,75
8	0,50	1,00	0,50	1,00	68,00	30,50
9	1,25	0,50	1,25	0,50	68,00	30,25
10	0,50	0,50	0,50	0,50	68,00	31,00

¹X₁: Aquafaba; X₂: Gellan Gam, P.Şekeri: Pudra Şekeri



Şekil 2.1. Aquafaba ve şeker şurubunun Thermomix'te birleştirilerek kalıplara aktarılması

2.2.2 Su Aktivitesi Tayini

Marshmallow su aktivitesi değerleri, su aktivitesi analizörü ve Gok, Toker, Palabiyik ve Konar (2020) tarafından uygulanan yöntem ile belirlenmiştir. Her bir şekerleme örneğinden 2 g alınarak, 20-25°C'de su aktivitesi (a_w) (Decagon AquaLab, 4 TE) değerleri kaydedilmiştir. Su aktivitesi tayini üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

2.2.3 Yoğunluk Tayini

Örneklerin yoğunluğu Mardani vd. (2019) tarafından kullanılan yöntem ile belirlenmiştir. Havalandırma işlemi sonrasında elde edilen marshmallow örnekleri hacmi bilinen bir kaba alınarak tartılmıştır. Köpük yoğunluğu için çırpılmış karışım, 100 ml hacimli silindirik bir kaba düzgün bir şekilde aktarılmış (Şekil 2.3) ve aşığıdaki eşitlik (Eşitlik 1) kullanılarak yoğunluk hesaplanmıştır;

$$\text{Yoğunluk} = \text{Köpük kütlesi (g)} / \text{Kabın hacmi (ml)} \quad (1)$$



Şekil 2.2. Marshmallow örneklerinin yoğunluk değerlerinin hesaplanması

2.2.4 Renk Tayini

Marshmallow örneklerinin renk değerleri kolorimetre ve CIE-Lab tekniği ile belirlenmiştir. Örneklerin L* (parlaklık), a* (± kırmızı-yeşil) ve b* (± sarı-mavi) değerleri ölçülmüştür. (Periche vd., 2015). Analizler beş tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Renk değerleri ise kolorimetre ve CIE-Lab tekniği ile belirlenmiştir. Örneklerin L* (parlaklık), a* (± kırmızı-yeşil) ve b* (± sarı-mavi) değerleri kullanılarak Eşitlik 2 ve 3 yardımıyla kroma (C*) ve hue açısı (°h) değerleri hesaplanmıştır (Periche vd., 2015). Analizler beş tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

$$C^* = \left[(a^*)^2 + (b^*)^2 \right]^{1/2} \quad (2)$$

$$^{\circ}h = \arctan(b^*/a^*) \quad (3)$$

2.2.5 Diferansiyel Taramalı (Kalorimetri) Analizi

Marshmallow örneklerinin camsı geçiş sıcaklıklarını belirlemek için diferansiyel taramalı kalorimetre cihazı (TA Q20, TA Instruments, New Castle, USA) kullanılmıştır. Yaklaşık 5 mg örnek alüminyum kaplara hassas terazide tartılarak, hermetik olarak kapatılmıştır. Hermetik olarak kapatılmış boş kap ise, referans olarak kullanılmıştır (Atik, 2021). Bu amaçla 5-90°C arasında 5°C/dk ısıtma uygulanarak örneklerle ait termogramlar elde edilmiştir.

2.2.6 Polarize Işık Mikroskobu (PLM) Analizi

Üretilen optimum ve kontrol marshmallow örneklerinin erimesini mikroskop altında gözlemleyebilmek için ısıtma sistemine sahip polarize ışık mikroskobu (Zeiss Carl, NY, USA) kullanılmıştır. Örneklerin çeşitli sürelerdeki görüntüleri ZEN core v3.1 (Carl Zeiss Microscopy, LLC, NY, USA) yazılımı kullanılarak kaydedilmiştir (Atik, 2021). Kaydedilen örnek görüntüleri rastgele alanlardan seçilmiş ve her bir örnekten en az 3 olacak şekilde görüntü alınmıştır.

2.2.7 Reolojik Özellikler

Marshmallow örneklerinin viskoelastik özellikleri 40 mm çapta paralel plaka kullanılarak Discovery HR-2 Rheometer (TA Instruments, New Castle, USA) ile tespit edilmiştir. Marshmallow örnekleri havalandırma öncesinde reometre cihazının alt plakasına

yerleştirilmiş, alt ve üst plaka arasındaki mesafeyi ifade eden gap değeri 1200 µm olarak belirlenmiştir. Analiz parametreleri ise %0,01 strain ve kayma hızı (shear rate) 0,1-100⁻¹ olarak ayarlanmıştır. Örneklerin genlik taraması (flow ramp) değerlerini ölçebilmek için Herschel-Bulkley modeli kullanılmıştır.

Herschel Bulkley modeli (Bourne, 2002): $\sigma = \sigma_0 + K(\dot{\gamma})^n$

Herschel-Bulkley modeli için; σ kayma gerilimi (shear stress) (Pa), σ_0 akma gerilimi (yield stress), $\dot{\gamma}$ kayma hızı (shear rate) (s⁻¹), K kıvam katsayısı (consistency index) (Pa.sn) ve n ise akış davranış indeksidir (Atik, 2021).

2.2.8 Tekstür Analizi

Marshmallow tipi yumuşak şekerleme örnekleri, 28 mm çap ve 20 mm yüksekliğe sahip olarak hazırlandıktan sonra tekstürel özellikleri (TA-XT, Stable Microsystems, New Castle, USA) belirlenmiştir. Cihaz 5 kg yük hücresi ile donatılmış olup, analizde P/36 prob kullanılmıştır. Test parametreleri; test öncesi hız 2.00 mm/s, test hızı 5.00 mm/s, test sonrası hız 5.00 mm/s ve kuvvet 5.0 g olarak ayarlanmıştır. Elde edilen kuvvet (g)-zaman (s) ilişkileri kullanılarak sertlik, koheziflik, elastikiyet, çiğnenebilirlik ve geri kazanım değerleri belirlenmiştir. Tekstür analizi beş tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

2.2.9 Duyusal Analiz

Marshmallow örneklerinin duyusal özellikleri (görünüm, lezzet, tekstür, ağızda erime hızı, yapışkanlık ve genel beğeni) 9 noktalı hedonik skala (1 = hiç beğenmedim, 9 = çok beğendim) kullanılarak belirlenmiştir (Santz, Salvador, Brixauli ve Fiszman, 2009).

2.2.10 İstatistiksel Analiz

Örnekler için yapılan analizlerin sonuçları ortalama $\pm$ standart sapma olarak verilmiştir. Analiz sonuçlarının istatistiki olarak önemini belirlemek için ANOVA varyans analizi gerçekleştirilmiştir. Marshmallow örneklerinin kalite parametreleri arasındaki olası korelasyonlar Pearson korelasyon katsayısı (R) analizi ile Design Expert (Stat-Ease Inc. version 7.0, Minneapolis) yazılımı kullanılarak tespit edilmiştir. İstatistiksel açıdan önem seviyesini belirten p değeri 0.05 olarak seçilmiştir.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

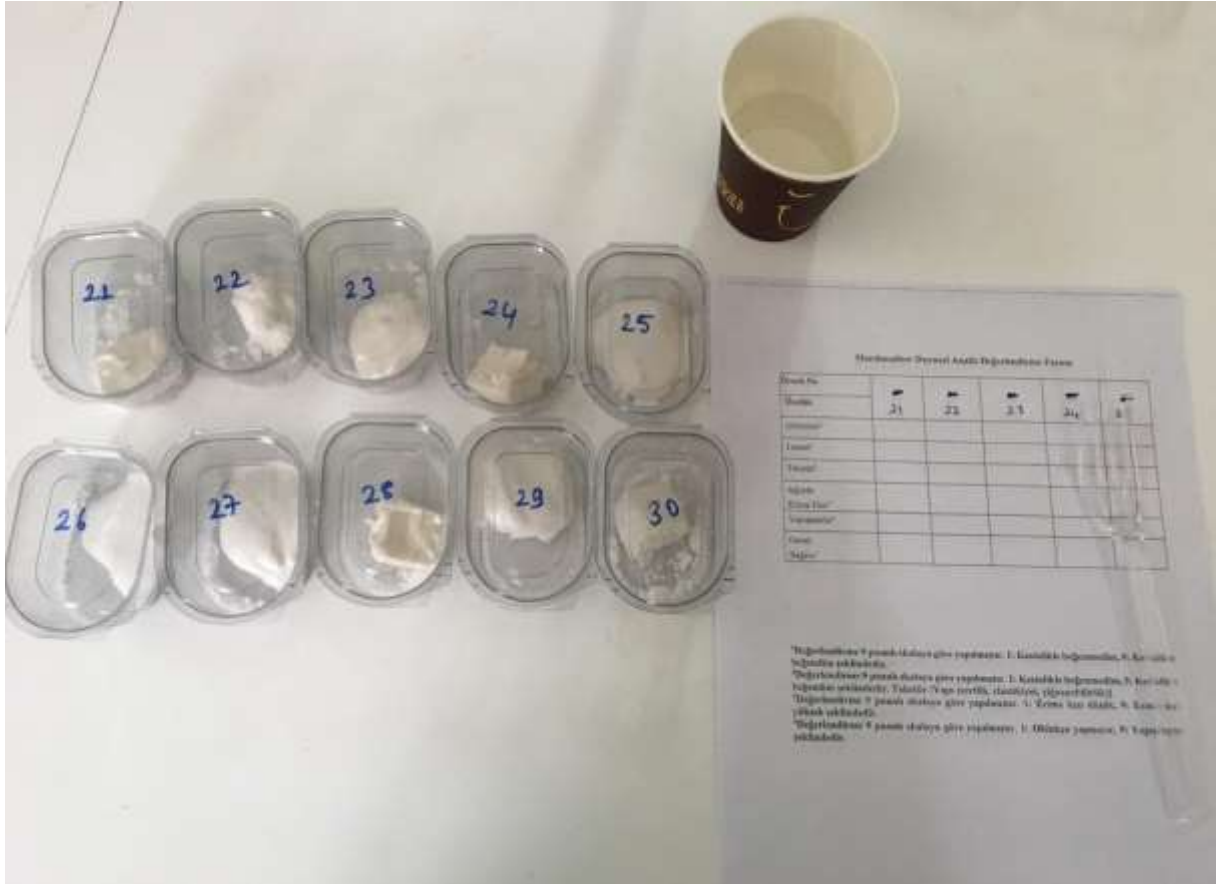
Deneme planına ait marshmallow örneklerinin yoğunluk ve duyusal (genel beğeni) analiz verileri Design Expert programı ile modellenerek, konvansiyonel ürüne en yakın optimum özellikte aquafaba ve gellan gam içeren jelatinsiz marshmallow formülasyonu elde edilmiştir. Daha sonra üretimi yapılan jelatin içermeyen marshmallow örneğinin su aktivitesi, yoğunluk, renk, diferansiyel taramalı kalorimetri analizi, polarize ışık mikroskobu (PLM) analizi ve reolojik özellikleri değerlendirilmiştir.

3.1 Yoğunluk ve Duyusal Analiz Sonuçları

Jelatin içermeyen örnekte formülasyon optimizasyonunun yapılabilmesi için Design Expert programı Response Surface metodundan elde edilen denemeler (run)'in üretimi yapılarak bu örneklerde 7 panelist tarafından duyusal analiz yapılmıştır. Şekil 3.1'de üretimi yapılan marshmallow örneklerinin panelistler için hazırlanmış duyusal analiz görüntüsü verilmiştir. Duyusal analizde değerlendirilen görünüm, lezzet, tekstür, ağızda erime hızı ve yapışkanlık parametreleri için elde edilen veriler response olarak programa girilmiş ve program çıktıları olan contour grafikleri Şekil 3.2, 3.3 ve 3.4'te verilmiştir. Marshmallow ürünlerinde diğer bir önemli parametre yoğunluk değeridir, bu bakımdan optimum formülasyonun elde edilmesi için üretimi yapılan gellan gam ve aquafaba eklenmiş jelatin içermeyen örneklerde yoğunluk analizi de yapılmıştır. Bu analiz sonucunda elde edilen veriler de programa response olarak girilerek elde edilen contour grafiği 3.5'te verilmiştir. Denemelere ait Design Expert programı Response Surface programından elde edilen modelin korelasyon ve regresyon katsayıları ise Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Duyusal özellikler bireylerin satın alma isteğinin yanında şekerleme ürünlerinin kalitesini de etkileyen kritik faktörlerden biridir (Şahin, 2021). Duyusal özelliklerin algılanabilir ve değerlendirilebilir olmasının iki veya daha fazla uyarının söz konusu olduğu durumlarda uygulaması sorgulanabilir (Erdem, Kocadağlı ve Gökmen, 2023). Bu bakımdan, çalışmamızda deneme deseninde üretimi yapılan marshmallow örneklerinin duyusal olarak değerlendirilmesi hem göz ile hem de ağız içi duyuları ile algılanabilecek parametreler ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, görünüm açısından örnekler 2,1-7,6 değerleri aralığında puan almıştır. Diğer kriterler ele alındığında ise, örneklerin lezzet puanlarının 3,9-7,9 aralığında, duyusal tekstür puanlarının 2,6-6,8 ve yapışkanlık değerlerinin de 4,3-7,1 aralığında değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. Bu parametrelere ait grafikler incelendiğinde

(Şekil 3.2, 3.3 ve 3.4) tüm aquafaba konsantrasyonlarında gellan gam miktarındaki artışın bu parametreler üzerinde artışa sebep olduğu görülmüştür. Marshmallow tipi köpüklü yapıya sahip şekerleme ürünlerinde önemli olarak görülen bir diğer duyu analizi parametresi olan ağızda erime hızı değerlerine bakıldığında, aquafabanın artışıyla ağızda erime hızının arttığı fakat gellan gam artışıyla ağızda erime hızının azalışı gösterdiği görülmüştür. Bunun temel sebeplerinden birinin aquafabanın, marshmallow ürünlerine köpüklü bir yapı sağlaması avantajının yanında, bir hidrokolloid olan gellan gamın marshmallow ürünlerindeki yapıya sertlik kazandırması olduğu düşünülmüştür.

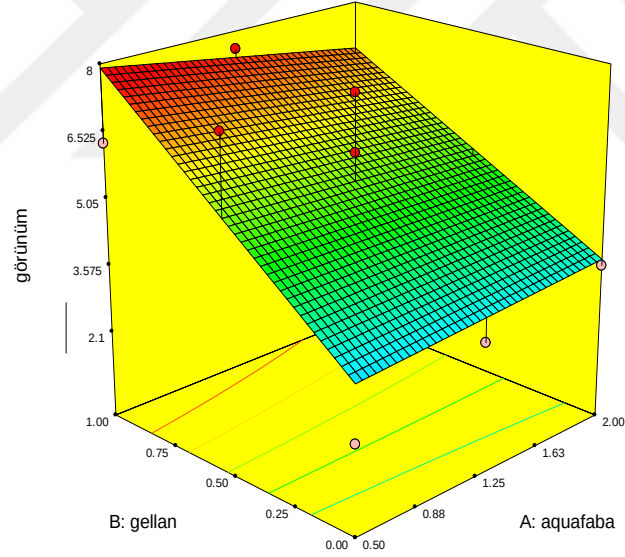


Şekil 3.1. Marshmallow örneklerinin panelistler için hazırlanmış duyu analizi görüntüsü

Design-Expert® Software

görünüm
7.6
2.1

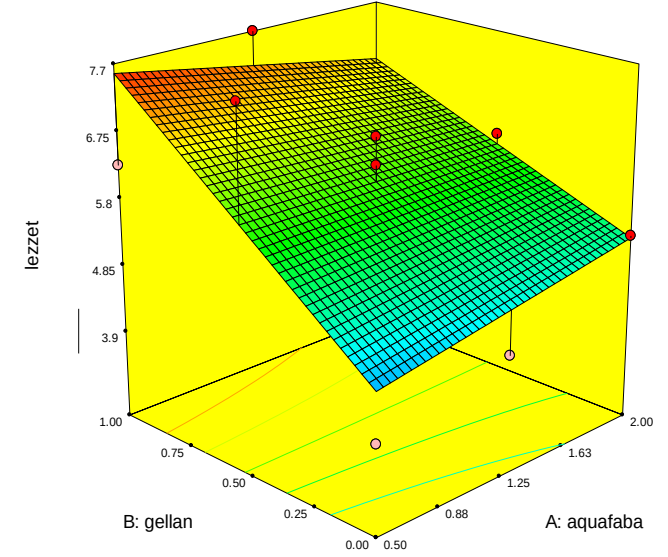
X1 = A: aquafaba
X2 = B: gellan



Design-Expert® Software

lezzet
7.7
3.9

X1 = A: aquafaba
X2 = B: gellan

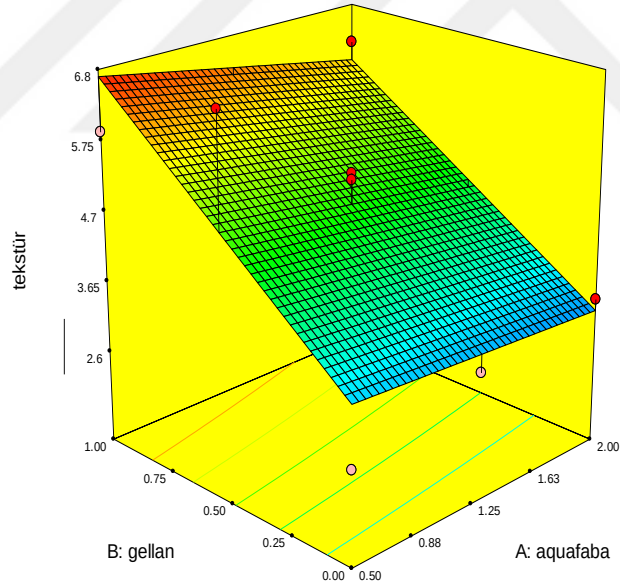


Şekil 3.2 Jelatinsiz marshmallowların duyusal analiz görünüm ve lezzet parametresi sonuçları

Design-Expert® Software

tekstür
6.8
2.6

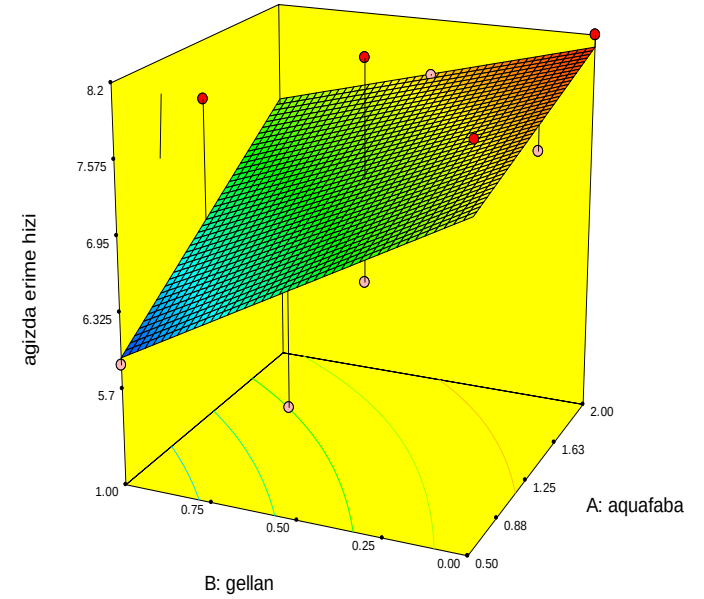
X1 = A: aquafaba
X2 = B: gellan



Design-Expert® Software

agızda erime hızı
8.2
5.8

X1 = A: aquafaba
X2 = B: gellan

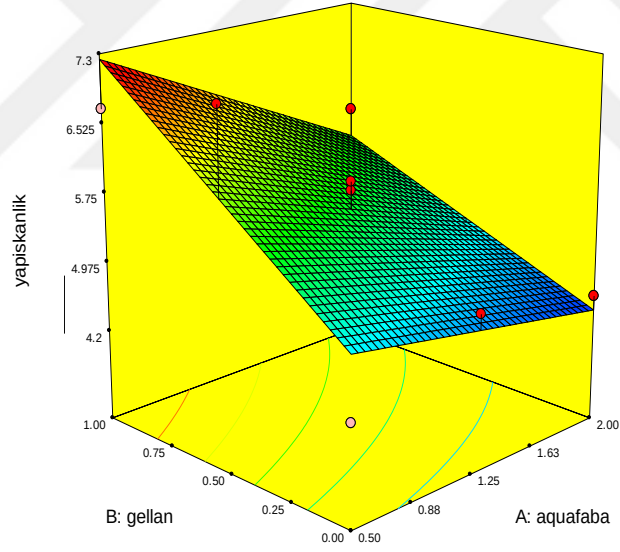


Şekil 3.3 Jelatinsiz marshmallowların duyusal analiz tekstür ve ağızda erime hızı parametresi sonuçları

Design-Expert® Software

yapışkanlık
7.1
4.3

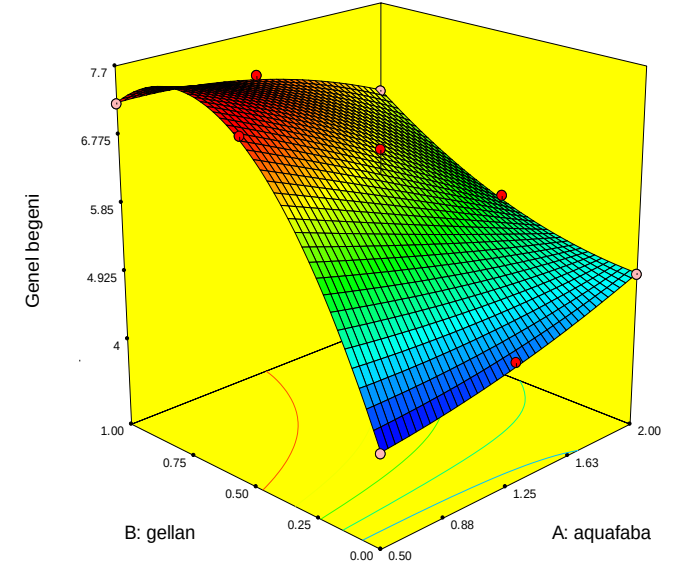
X1 = A: aquafaba
X2 = B: gellan



Design-Expert® Software

Genel beğeni
7.3
4

X1 = A: aquafaba
X2 = B: gellan



Şekil 3.4 Jelatinsiz marshmallowların duyu analizi yapışkanlık ve genel beğeni parametresi sonuçları

Marshmallow ürünlerinin köpük yapısı ve stabilitesinin panelistlerin genel beğeni algısında önemli bir yere sahip olduğu görülmüştür. Duyusal genel beğeni parametresi incelendiğinde aquafabanın düşüşü panelistlerin genel beğeni değerlerinde artışa sebep olmuştur. Bunun sebebinin ise aquafabanın nohuttan gelen kendine özgü bir koku ve artan konsantrasyonlarda belirginleşen sarı renge sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmüştür. Bu nedenle genel beğeni parametresiyle yoğunluk değerleri arasında bir paralellik görülmemiştir. Optimizasyon yapılırken ise bu iki önemli parametre arasındaki denge şu şekilde sağlanmıştır; yoğunluk değeri en düşük, genel beğeni değeri ise en yüksek örnek optimum olarak seçilmiştir.

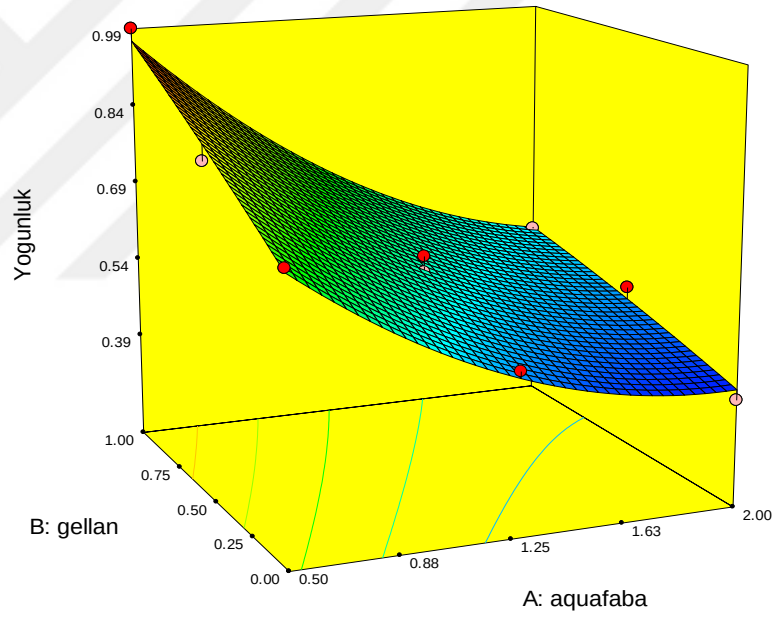
Design-Expert® Software

Yoğunluk



X1 = A: aquafaba

X2 = B: gellan



Şekil 3.5 Jelatinsiz marshmallowların yoğunluk analizi sonucu

Protein-polisakkarit kompleksindeki protein oranı köpük oluşumu ve stabilitesi için çok önemlidir (Goztok, Gunes, Toker, Palabiyik ve Konar, 2022). Çalışma kapsamında deneme deseni formülasyonlarına ait marshmallow ürünlerinin yoğunluk değerlerine bakıldığında genel olarak aquafaba miktarındaki artış köpürmeyi artırarak yoğunluk değerinde düşüşe sebep olmuştur. Marshmallow örneklerine ait yoğunluk değerleri 0,39-0,99 g/cm³ aralığında değişim göstermiştir. Nohut suyundan elde edilen aquafabanın ksantan gam ile birlikte köpürme kapasitesi üzerine yapılan çalışmada, aquafaba ilavesinin köpük karakterizasyonunu olumlu yönde etkilediği ve yumurta yerine kek ürünlerinde ikame edici bitki bazlı bir köpürme ajanı olabileceği belirtilmiştir (Crawford vd, 2023). Benzer şekilde bitki bazlı sıvı olan aquafabanın hava bağlama kapasitesinin önemi olduğu marshmallow gibi gıdalarda protein içeriği olarak uygun bir aday olarak görüldüğü ortaya koyulmuştur (Buhl vd., 2019). Gellan gam artışının yoğunluk üzerine etkisi incelendiğinde, gellan gam konsantrasyonu arttıkça marshmallow örneklerinin yoğunluk değerlerinde artış gözlemlenmiştir (Şekil 3.5). Aynı zamanda tüm aquafaba konsantrasyonlarında yoğunluk değerlerinde benzer bir sonuç görülmüş ve gellan gam artışının yoğunluğu arttırdığı görülmüştür. Yapılan çalışmada marshmallow ürünleri hem desgin expert yazılımından elde edilen grafiğe hem de ürünlerin yapılması esnasında gerçekleştirilen gözlemlerden elde edilen sonuca göre gellan gam artışıyla marshmallow ürünleri yapısında sertlik gözlemlenirken; aquafaba miktarındaki artışın köpük yapıcı özelliğe sahip olduğu görülmüştür.

Çizelge 3.1. Jelatinsiz marshmallow response surface analizinde belirlenen modelin deneysel verilerle korelasyonu ve regresyon katsayıları

Değişken	Katsayılar							R ²
	X1	X2	X ₁₂	X1 ²	X2 ²	X1 ² 2	X12 ²	
Yoğunluk	-5,544	0,335	-0,093	0,139	-0,025			0,987
Duyusal								
Görünüm	0,266	5,033	-0,933					0,654
Lezzet	0,444	3,433	-0,933					0,572
Tekstür	-0,188	3,350	-0,333					0,714
Ağızda Erime Hızı	0,337	-1,833	0,533					0,445
Yapışkanlık	-0,377	2,566	-0,666					0,7096
Genel Beğeni	3,947	12,244	-4,777	0,222	-9,100	-0,622	5,200	0,984

¹X₁: Aquafaba; X₂:Gellan Gam

3.2 Aquafaba ve Gellan Gam İçeren Jelatinsiz Marshmallowların Yoğunluk ve Duyusal Analiz Sonuçlarına Göre Optimizasyonu

Optimum aquafaba ve gellan gam içeren jelatinsiz marshmallowun içeriği, tüm analiz sonuçları Design Expert programına girildikten sonra belirlenmiştir. Aquafaba ve gellan gam limitleri sırasıyla; %0,5-2 ve %0-0,5 aralığında oluşturulan deneme deseninde, validasyon yapılırken yoğunluğun minimum duyusal analiz parametresi olan genel beğenin in ise maksimum değerler aldığı bir optimum formülasyon çıkarılmıştır. Her iki parametre için önem değeri (importance) +++ olarak seçilmiştir. Aquafaba ve gellan gam içeren jelatinsiz marshmallow formülasyonu ve jelatin içeren kontrol grubu marshmallow örneklerine ait formülasyon Çizelge 3.2 ve 3.3’de verilmiştir. Çalışmanın bundan sonraki adımlarında bu formülasyonlara ait içeriklerle üretilen marshmallowlar kullanılmıştır.

Çizelge 3.2. Jelatinsiz marshmallow örneklerinin optimum bileşimi

Kullanılan Bileşenler	Miktar (%)
Pudra Şekeri	68,79
Su	30
Aquafaba	0,71
Gellan Gam	0,50

Çizelge 3.3. Jelatin içeren marshmallow örneklerinin standart bileşimi

Kullanılan Bileşenler	Miktar (%)
Pudra Şekeri	66
Su	27,1
Jelatin	6,9

3.3 Marshmallow Örneklerinin Su Aktivitesi Analizi

Su aktivitesi gıdaların mevcut sistemindeki su varlığını ifade eden, gıda ürünlerinin raf ömrünün tahmini, mikrobiyal ve depolama stabilitesini değerlendirmek için yararlı bir nitelendirilmektedir (Tan ve Lim, 2008; Sablani vd., 2007; Subbiah vd., 2020). Suyun şekere ve protein yapısına bağlanması su aktivitesinin belirlenmesinde önemli bir rol oynar (Rahman, 2019). Marshmallow ürünlerinde su aktivitesi değeri 0,60-0,75 aralığında değişiklik göstermektedir (Hartel vd., 2018).

Jelatin ikamesi olarak optimum nitelikte aquafaba ve gellan gam içeren marshmallow örneklerinin su aktivitesi (a_w) değerleri Çizelge 3.4'te verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, optimum marshmallow örneğine ait su aktivitesi değeri $0,84 \pm 0,01$ iken; kontrol marshmallow örneğine ait su aktivitesi değeri $0,75 \pm 0,01$ olarak bulunmuştur. Görüldüğü üzere, jelatin içeren kontrol numunesine ait su aktivitesi değeri daha düşüktür. Jelatinsiz marshmallow ürünlerinde aquafaba ve gellan gam kullanımı su aktivitesi değerinde istatistiksel olarak artışa neden olmuştur ($p < 0,05$). Kontrol grubuna ait marshmallow örneğinin jelatin içermeyen örneğe göre daha düşük su aktivitesi göstermesinin nedeni aquafaba solüsyonu hazırlanırken jelatin solüsyonunda kullanılan su miktarından daha fazla su kullanılması olarak düşünülmüştür. Benzer bir sonuç Mardani vd. (2019) tarafından yapılan ve marshmallow üretiminde jelatin ikamesi olarak ksantan ve guar gamın kullanıldığı çalışmada da elde edilmiştir. Söz konusu çalışmada hidrokolloidlerin formülasyona eklenmesiyle su aktivitesi değerlerinde artış ($0,74-0,80$) gözlemlenmiştir. Aynı zamanda su aktivitesi değerindeki artışa doğru orantılı olarak örneklerin sertlik değerinde de azalma belirlenmiştir. Bu duruma istinaden, yapıdaki kullanılabilir suyun fazla olması sebebiyle suyun çok daha hızlı uzaklaşabileceğini ve bunun kristalleşmeye yol açarak marshmallow ürünlerinin raf ömrü süresince sertlik değerlerinde artış olabileceğini rapor etmişlerdir (Mardani vd., 2019).

Çizelge 3.4. Jelatinsiz marshmallow ve kontrol örneklerinin su aktivitesi (a_w) analizi

Örnek	Su Aktivitesi (a_w)
Optimum	$0,84 \pm 0,01^A$
Kontrol	$0,75 \pm 0,01^B$

Farklı harfle işaretlenmiş veriler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p < 0,05$)

3.4 Marshmallow Örneklerinin Yoğunluk Analizi

Marshmallow ürünlerinin yoğunluk değerleri $0,2-0,7 \text{ g/cm}^3$ aralığında değişmektedir (Hartel vd., 2018). Jelatin ikamesi olarak optimum nitelikte aquafaba ve gellan gam içeren marshmallow örneklerinin yoğunluk değerleri Çizelge 3.5'te verilmiştir. Optimize edilen jelatin içermeyen marshmallow ve jelatin içeren kontrol marshmallow ürünlerinin yoğunluk değerleri sırasıyla; $0,56 \pm 0,01$ ve $0,41 \pm 0,01$ olarak belirlenmiştir. Buna göre, jelatin içeren marshmallow örneğinin yoğunluk değeri, jelatin içermeyen marshmallow örneğine göre daha düşük yoğunluğa sahiptir ($p < 0,05$). Daha düşük yoğunluk daha fazla hava girişi olduğu anlamına gelmektedir (Campbell ve Mougéot, 1999). Daha fazla hava girişi ise köpük yapısı

içerisinde bulunan hava hücrelerinin sayısının fazla olması ve buna bağlı olarak ara yüzey alanındaki düşüş ile sağlanmaktadır. Bu nedenle marshmallow yapısındaki iki önemli bileşen hava ve su aktivitesidir. Köpük yapısını oluşturan hava hacmi artırır ve marshmallow ürünlerinde dokuyu iyileştirir, ürün içerisindeki suyun varlığı ise ürünün viskozitesini doğrudan etkilediğinde düşük su aktivitesi havalandırma işlemi esnasında havanın köpük oluşturmaya kolaylık sağlar (Klinjapo ve Krasaekoopt, 2018). Elde edilen yoğunluk değerleri örneklerin su aktivitesi değerleri ile paralellik göstermiştir. Bunun yanı sıra jelatin içermeyen marshmallowun yoğunluk değeri, standart marshmallow yoğunluk değerleri sınırları içerisinde yer almaktadır. Bu sebepten bitki bazlı bir protein kaynağının, hayvansal protein olan jelatine yakın değerlerde bir köpürme kapasitesi olduğu görülmüştür. Kazantsev, Kondratev, Rudenko, Petrova ve Belova (2022) bu ürünlerdeki köpük stabilitesi üzerine yaptıkları çalışmada pektin ilavesinin köpük kütlesi üzerinde artışa yol açtığını ve buna bağlı olarak yoğunluk değerlerinde de paralel bir artış olduğunu belirtmişlerdir.

Çizelge 3.5. Jelatinsiz marshmallow ve kontrol örneklerinin yoğunluk (g/cm³) analizi

Örnek	Yoğunluk (g/cm ³)
Optimum	0,56±0,01 ^A
Kontrol	0,41±0,01 ^B

Farklı harfle işaretlenmiş veriler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

3.5 Marshmallow Örneklerinin Renk Analizi

Gıdaların dış görünüşleri (renk ve optik özellikler) tüketicilerin duyu algısını etkileyen en önemli parametrelerden biridir (Hutchings, 2011). Jelatin ikamesi olarak optimum nitelikte aquafaba ve gellan gam içeren marshmallow örneklerinin renk analizi değerleri Çizelge 3.6’da verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, çalışmamızda her iki marshmallow örneğinde de herhangi bir renklendirici kullanılmamasına rağmen optimum marshmallow ve kontrol grubu marshmallow örneklerinin renk değerleri arasında istatistiki olarak fark gözlemlenmiştir (p<0,05). Optimum reçetede kullanılan gellan gam konsantrasyonu örneğin L*(parlaklık) değerinde artışa sebep olurken, bitki bazlı aquafabanın rengine has sarımsı niteliği örneğin b* (sarıklık) değerinde kontrol grubu örneğe göre daha yüksek çıkmıştır (p<0,05). Jelatin içermeyen marshmallow örnekleri kontrol grubu örneklerine göre daha parlak bir yapı ortaya çıkarmıştır. Bunun sebebinin jelatinin su bağlama kapasitesinin aquafaba-gellan kombinasyonuna göre daha yüksek olduğu düşünülmüştür.

Nitekim, marshmallow tipi ürünlerin C* (doygunluk) değeri incelendiğinde de benzer bir sonuç elde edilmiştir ve optimum örneklerin C* değerleri kontrol grubu örneklerle göre daha yüksek değerler aldığı görülmüştür.

Çizelge 3.6. Jelatinsiz marshmallow ve kontrol örneklerinin renk analizi

Örnek	L*	a*	b*	C*	°h*
Optimum	91.49±0.22 ^A	0.43±0.01 ^A	1.22±0.04 ^A	1.30±0.04 ^A	2.95±0.32 ^A
Kontrol	90.66±0.08 ^B	0.39±0.01 ^B	1.08±0.01 ^B	1.15±0.01 ^B	2.75±0.02 ^A

Farklı harfle işaretlenmiş veriler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

3.6 Marshmallow Örneklerinin Diferansiyel Taramalı (Kalorimetri) Analizi

Gıdaların termal özellikleri onların fiziksel durumuna (amorf ve kristal) bağlıdır ve bu terim gıda mühendisliği için önemlidir (Terashima, 2022). Diferansiyel taramalı kalorimetri gıda numunelerinde fiziksel geçişlerle yapıya giren ya da çıkan ısı akışını ölçen evrensel bir yöntemdir (Manuel vd., 2022). Camsı geçiş sıcaklığı, marshmallow tipi yüksek konsantrasyonda şeker içeren şekerleme ürünlerinin kalitesini ve raf ömrünün belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Jelatin içermeyen optimum ve kontrol grubu marshmallow örneklerinin T₀ (°C), T_{son} (°C) ve ΔH (J/g) değerleri Çizelge 3.7’de verilmiştir. Ayrıca jelatin içermeyen marshmallow örneklerinin T₀ değeri 50,70°C, T_{son} değeri 81,65°C ve ΔH (J/g) değeri 205,12 J/g olarak bulunmuştur. Aquafaba ve gellan gam kullanımı marshmallow örneklerinin T₀ değeri üzerinde istatistiki olarak bir fark yaratmazken, T_{son} değeri ve ΔH (J/g) değerleri üzerinde anlamlı bir fark yaratmıştır (p<0,05).

Çizelge 3.7. Jelatinsiz marshmallow ve kontrol örneklerinin camsı geçiş sıcaklığı analizi

Örnek	T ₀ (°C)	T _{son} (°C)	ΔH (J/g)
Optimum	50,70±6,88 ^A	81,65±4,71 ^A	205,12±25,80 ^A
Kontrol	52,79±3,47 ^A	57,36±3,90 ^B	0,58±0,26 ^B

Farklı harfle işaretlenmiş veriler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

3.7 Marshmallow Örneklerinin Polarize Işık Mikroskobu (PLM) Analizi

Polarize ışık mikroskopları sürekli geliştirilmekle birlikte lenslerin ışıkla etkileşime girmesi sonucu örneği büyütür, görüntü almaya yarayan mikroskoplardır (Xiao vd., 2020). Bilindiği üzere, gıdanın mikroyapısı tekstürel özellikleriyle ilgili bilgi vermektedir. Aynı zamanda gıdanın hacmi ve dokusuyla ilgili değerlendirmelerin yapılmasında yardımcı olan bir parametredir. Konfokal lazer tarama mikroskobu (CLSM), gıda bileşimindeki proteinleri, nişastayı, lipidleri ve karbonhidratlar gibi makro bileşiklerin dağılımını değerlendirmek için kullanılmaktadır. Taramalı elektron mikroskobu ise numunelerin yüzey ve enine kesit yapısını incelemek, parçacık boyutu dağılımını tespit edebilmek amacıyla kullanılmaktadır (Rosell ve Garzon, 2018). Şekerleme ürünlerinde ise örneklerin içerisindeki kristal yapıların tek tek incelenmesiyle yapıdaki jelleşmenin faz değişimlerini incelemek amacıyla kullanılmaktadır (Atik, 2021). Bu çalışmada polarize ışık mikroskobu kullanılarak her iki örnek mikroyapıları incelenmiştir. Jelatin içermeyen optimum formülasyona sahip marshmallow ve kontrol grubu örneklerinden alınan rastgele kesitlere ait PLM görüntüleri Şekil 3.6'da verilmiştir. Kontrol grubu ürünlere ait görüntü incelendiğinde görüntüdeki granüllerin çaplarının jelatinsiz örneğe göre daha büyük ve belirgin olduğu görülmüştür. Ayrıca optimum marshmallow örneklerine ait görüntüdeki granüllerin sınır çizgilerinin de daha belirgin olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumun jelatinin aquafaba ve gellan gam ile ikame edildiği marshmallow örneklerinin yoğunluk değerlerinin daha yüksek olması sebebiyle hava tutma kapasitesinin de düştüğü böylece köpük stabilitesinin kontrol örneklerine göre düşük olması ile ilişkili olmasından kaynaklanabileceği düşünülmüştür.



(a)

(b)

Şekil 3.6. Optimum marshmallow ve kontrol örneğine ait PLM görüntüsü

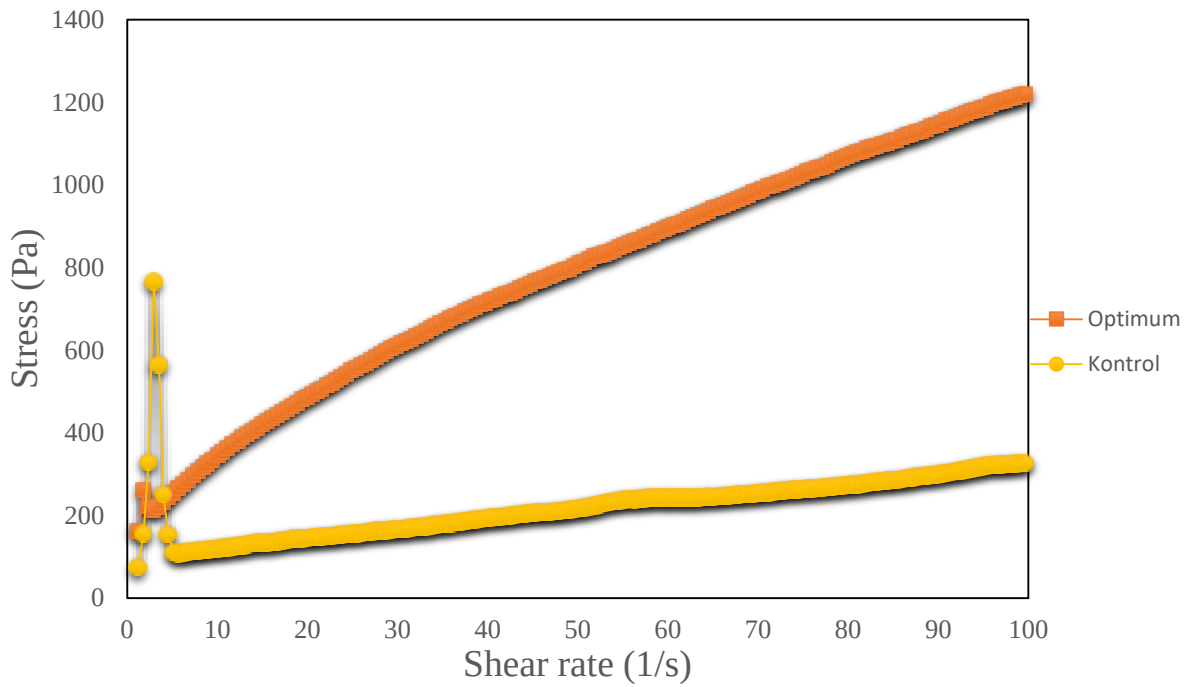
¹(a) : Optimum marshmallow örneğine ait PLM görüntüsü; (b): Kontrol örneğine ait PLM görüntüsü

3.8 Marshmallow Örneklerinin Reolojik Analizi

Reolojik ölçümler, gıdaların ve gıda malzemelerinin geliştirilmesi, optimizasyonu ve işlenmesi için gereklidir. Reolojik özellikler, gıdaların, duyu ve tekstürel açıdan özelliklerini anlamamıza yardımcı olur. Dispersiyonların ve emülsiyonların reolojik özellikleri, disperse faz hacmi, boyut dağılımı ve partikül-partikül etkileşiminin yanı sıra partikül deforme edilebilirliğinin bir göstergesidir. Bu kapsamda, mikroyapısal özellikler reolojik özellikler üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Kavya, Jacob ve Nisha, 2023). Jelatin ve jelatin içeren şekerleme ürünlerinin reolojik özellikleri, gıda endüstrisinde ürün geliştirme ve ürün karakterizasyonunda önemli bir role sahiptir. Jelleşme noktası, jel yapısı gösteren ürünlerde önemli bir parametredir çünkü deformasyon ve mekanik mukavemet dengesini sağlar (Ahmed, 2017). Ayrıca marshmallow tipi köpük yapıdaki şekerleme ürünlerinin reolojik davranışları, ürünün stabilitesini etkilediği için oldukça önemlidir (Mardani vd., 2019). Marshmallow ürünlerinde, havalandırma öncesinde elde edilen karışımın akıcı olması son ürün oluşumunda etkili olan havalandırma aşaması için kritik bir öneme sahiptir. Örneğin katı özelliği ağır basan bir karışım, havalanma esnasında yeteri kadar hava kabarcığını içine hapsedemez ve bu sebepten marshmallow ürünleri için istenen yoğunluk elde edilemez. Çalışmamızda, optimum marshmallow ve kontrol numunelerine ait akış davranış özellikleri Şekil 3.7’de verilmiştir. Şekil incelendiğinde aquafaba ve gellan gam içeren örneğin kontrol örneğine göre daha viskoz ve daha katı bir özelliğe sahip olduğu görülmektedir. Aquafaba ve gellan gam kullanılması örnekler üzerinde köpürme indeksini düşürerek dokusal ve reolojik

davranışı etkilemiştir. Diğer bir ifadeyle, jelatin ikamesi olarak aquafaba ve gellan gam kullanılması örneklerin viskozitesini arttırmıştır.

Kayma hızları ve kayma gerilmeleri için akış alanlarının analiz edilebildiği iyi tanımlanmış geometriler, gıdaların viskoz ve viskoelastik davranışlarını ve gıda polimerlerinin dağılımlarını belirlemek için kullanılabilir (Morris ve Groves., 2013). Ashwini, Jyotsna ve Indrani (2019) farklı hidrokolloidler kullanarak yumurta içermeyen kekler üretmişlerdir. Söz konusu çalışmada, kek hamurlarına yumurta ikamesi olarak hidrokolloidlerin eklenmesi, hamur viskozitesini arttırdığı sonucuna varılmıştır.



Şekil 3.7. Optimum marshmallow ve kontrol örneğine ait viskoelastik özellikler

3.9 Marshmallow Örneklerinin Tekstür Analizi

Tekstür bir ürünün kabul edilebilirliğindeki en önemli parametrelerindendir (Mardani vd., 2019). Çalışmamızda üretimi yapılan marshmallow örneklerinin tekstür profil analizine (TPA) ait görüntü Şekil 3.8'de verilmiştir. Bu kapsamda, TPA analizi ile elde edilen sonuçlar Çizelge 3.8'de verilmiştir. Bir gıda maddesinin dil ve damak arasında sıkıştırılması için gerekli olan kuvveti açıklayan tekstür parametresi sertlik değeridir. Sertlik, fiziksel olarak gıdayı sıkıştırmak için gereken maksimum kuvvet olarak da tanımlanmaktadır. Marshmallow tipi şekerleme ürünleri havalı yapısı tarafından kontrol edilen duyu özellikleri ile kompleks bir gıda ürünüdür. Yapının bu özellikleri sertlik ve aynı zamanda ağızda erime profili gibi

makro ölçekli özelliklerden belirlenmektedir (Goktas, Konar ve Sagdic, 2021). Marshmallow ürünlerinin sertlik değerleri incelendiğinde; aquafaba-gellan gam içeren örneklerin sertlik değerinin 238,50 g olduğu ölçülürken, kontrol örneğine ait sertlik değeri 786,04 g olarak bulunmuştur. Aquafaba ve gellan gam içeren örneklere ait sertlik parametresinin kontrol örneğine göre düşük seviyelerde olmasının sebebi örneklere ait su aktivitesi değerleriyle ilişkilendirilebilir. Her iki parametrenin paralellik gösterdiği; su aktivitesi değeri yükseldikçe marshmallow ürünlerinin sertlik değerlerinde düşüş meydana geldiği görülmüştür. Marshmallow ürünlerinde köpük kapasitesi ve hava tutma kapasitesi bir kalite göstergesidir. Havalandırma aynı zamanda reolojiyi de değiştirerek akışkan bileşenlerin kaplanmasına da yardımcı olur. Bu aşamada sakkaroz varlığında protein-protein yapısı daha da kuvvetlenir.

Marfil, Anhê ve Telis (2012) sakızlı jellerin dokusunu geliştirmek amacıyla modifiye edilmiş mısır nişastası kullanmışlardır. Sakız jellerine modifiye nişasta eklenmesi jellerin yapısını önemli ölçüde değiştirdiğini belirtmişlerdir. Modifiye nişasta eklenmesiyle örneklerin sertlik ve opaklıkta artışa sebep olurken yapışkanlıkta azalmaya neden olduğu sonucunu elde etmişlerdir. Modifiye mısır nişastasının sakızlı jellerin formülasyonunda uygun bir alternatif olabileceğini ortaya koymuşlardır.

Geri kazanım, bir ürünün sıkıştırma sonrası orijinal konumunu geri kazanma yeteneği olarak tanımlanır (Yildiz vd., 2013). Aquafaba ve gellan gam kullanımı örneklerin geri kazanım değerlerinde düşüşe neden olmuştur. Bu değerler optimum marshmallow örneği için 0,17 olarak ölçülürken, kontrol marshmallow için 0,47 olarak ölçülmüştür. Marshmallow örneklerine ait geri kazanım değerleri incelendiğinde örnekler arasında istatistiki olan fark gözlemlenmiş ($p<0,05$). Elastikiyet ise gıda maddesinde herhangi bir etkiden sonra oluşan şekil bozukluğunun, etki ortadan kaldırıldığında kaybolması olarak tanımlanır (Ertaş ve Doğruer 2010). Kontrol marshmallow örneği için 0,51 elastikiyet değeri belirlenmiş olup, çalışma kapsamında jelatinsiz olarak hazırlanan optimum marshmallow örneği için ise bu tekstürel özelliğin değerinin 0,60 olduğu tespit edilmiştir. Çalışma kapsamındaki hidrokolloid çeşidindeki değişkenliğin örneklerin elastikiyet değeri üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığı belirlenmiştir ($p<0,05$). Bir maddenin sıkıştırılmadan önce iç bağlarının kuvvetini ifade eden koheziflik, maddenin dişler arasında sıkıştırılma derecesidir (Yildiz vd., 2013). Jelatin içermeyen marshmallow örneği ile kontrol örneği arasında istatistiki olarak önemli bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Optimum marshmallow örneği için 0,88 olan bu değer, kontrol örneği için 1,12 olarak ölçülmüştür. Önemli bir fark belirlenmemiş olması, gellan gam

ve aquafaba kombinasyonunun en az jelatin kadar iyi bir jel yapısı oluşturmasıyla ilişkilendirilebilir. Farklılık önemli olmamakla birlikte koheziflik değerinde kontrol örneğine göre bir düşüş gerçekleşmiştir. Ancak daha sonra yapılacak çalışmalarda bu parametreyi etkileyen diğer faktörlerin de marshmallow şekerleme ürünlerinde incelenmesi yararlı olabilir.

Şekerleme ürünlerinin formülasyonu ve işleme koşulları ağ yapısının oluşmasını ve moleküler ağıın gücünü etkileyerek ürünün tekstürel özellikleri üzerinde etkili olmaktadır (Hartel vd., 2018). Çiğnenebilirlik, Ertaş ve Doğruer (2010) tarafından, gıdaların yutmaya hazır duruma gelmesine kadar geçen çiğneme süresi ve bu sürede harcanan enerji olarak tanımlanmaktadır. Kontrol marshmallow örneği ve optimum marshmallow örneklerine ait çiğnenebilirlik verileri üzerinde istatistiksel olarak bir fark gözlemlenmiştir ($p<0,05$). Çalışmada gerçekleştirilen tekstür analizi kapsamında çiğnenebilirlik değerindeki düşüşün sebebinin aquafaba ve gellan gamın jelatine göre daha düşük seviyelerde bir ağ yapısı oluşturması olduğu düşünülmektedir. Elde edilen veriler sertlik verileri ile de uyumludur. Çiğnenebilirlik değerinin elastikiyet ve buna bağlı olarak sertlik değeriyle birlikte paralellik gösterebileceği Bourne (2002) tarafından belirtilmiştir.

Çizelge 3.8. Jelatinsiz marshmallow ve kontrol örneklerinin tekstürel özellikleri

Örnek	Sertlik (g)	Geri Kazanım	Elastikiyet	Koheziflik	Çiğnenebilirlik
Optimum	238,50±143,31 ^B	0,17±0,03 ^B	0,60±0,31 ^A	0,88±0,01 ^A	85,32±1,58 ^B
Kontrol	786,04±164,29 ^A	0,47±0,01 ^A	0,51±0,01 ^A	1,12±0,45 ^A	390,00±14,13 ^A

Farklı harfle işaretlenmiş veriler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$)



Şekil 3.8. Marshmallow örneğinin tekstür analizine ait görüntüsü

3.10 Marshmallow Örneklerinin Duyusal Analizi

Aquafaba ve gellan gam içeren optimum marshmallow ve kontrol grubu marshmallow ürünlerine ait duyusal değerlendirme sonuçları Çizelge 3.9’da verilmiştir. Optimum ve kontrol grubu marshmallow örneklerinin görünüm, lezzet ve genel beğeni parametreleri sonuçları arasında istatistiksel olarak bir fark tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Fakat duyusal tekstür ve ağızda erime hızı parametreleri arasında istatistiki olarak fark olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Bu sonuçların enstrümental sertlik parametresi ile ilişkili olabileceği sonucuna varılmıştır. Kontrol örneğine ait yoğunluk değeri de bu sonuçlar ile ilişkilendirildiği takdirde; yoğunluk değeri daha yüksek olan jelatin içermeyen aquafaba-gellan gam kombinasyonuna ait optimum örneklerin duyusal tekstür skorları daha düşük puanlar almıştır. Ayrıca jelatin içeren kontrol örneklerine ait marshmallow ürünlerinin ağızda erime hızının da optimum örneklere göre daha hızlı olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$).

Çizelge 3.9. Jelatinsiz marshmallow ve kontrol örneklerinin duyuşal özellikleri

Örnek	Görünüm	Lezzet	Tekstür	Ağızda Erime Hızı	Genel Beğeni
Optimum	7,16±1,47 ^A	8,00±1,26 ^A	5,50±1,04 ^B	5,50±1,51 ^B	7,66±1,63 ^A
Kontrol	8,00±0,89 ^A	8,56±0,75 ^A	7,83±0,75 ^A	7,66±1,03 ^A	8,00±0,89 ^A

Farklı harfle işaretlenmiş veriler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışma kapsamında, marshmallow tipi ürünlerde jelatin yerine bitki bazlı aquafaba ve düşük konsantrasyonlarda jel ve yüksek viskoziteli süspansiyonlar üretebilen gellan gam kullanımı araştırılmış ve ürün optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla formülasyon optimizasyonu için Design Expert programı response surface metodu kullanılmıştır. Jelatin içermeyen marshmallow ürünlerinde aquafaba ve gellan gamın minimum ve maksimum oranları yapılan ön denemeler sonucunda belirlenmiştir. Design Expert paket programı kullanılarak oluşturulan deneme desenine göre üretimi yapılan örneklerin yoğunluk ve genel beğeni sonuçları kullanılarak optimum formülasyon elde edilmiştir. Tespit edilen bu formülasyonda jelatin ikamesi olarak aquafaba ve gellan gam oranları sırasıyla %0,71 ve 0,50 olarak belirlenmiştir.

Optimum formülasyona sahip jelatin içermeyen marshmallow örneğinin yoğunluk değerinin kontrol marshmallow örneğinden daha yüksek olduğu ancak literatürde belirtilen sınırlar içerisinde yer aldığı belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuç, jelatin ikamesi olarak kullanılan aquafaba ve gellan gam kombinasyonunun köpürme özellikleri üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Fakat marshmallow bileşimindeki jelatinin aquafaba ve gellan gam ile ikamesi ile birlikte ürünün yapısında önemli değişiklikler meydana gelmiştir. Aquafaba ve gellan gam kullanımının örneğin sertlik değerlerinde önemli bir düşüşe sebep olduğu görülmüştür. Bu durum, söz konusu örneğin yüksek su aktivitesi ile ilişkilendirilmiştir. Renk analizinde elde edilen sonuçlara göre üretimde aquafaba ve gellan gam kullanımının tüketicilerin standart marshmallow ürününden beklentilerini etkilemeyecek değişiklikler gözlemlenmiştir.

Şekerleme ürünlerinde önemli bir kalite parametresi olarak nitelendirilen duyu analizi sonuçlarına bakıldığında; jelatin içermeyen marshmallow örneklerine ait puanlamalar, jelatin içeren kontrol grubu ile benzer niteliktedir. Ancak aquafaba ve gellan gam kullanımı ile üretilen ürünlerde, marshmallow denildiğinde akla gelen sıkı ve stabil yapı sağlanamamıştır. Elde edilen ürün, daha sürülebilir kıvamdadır ve yoğunluk değerleri de bu sonucu desteklemektedir. Kontrol grubu örneğe göre ölçülen yüksek su aktivitesi değeri ise üretilen yeni ürünün raf ömrü süresinin standart bir marshmallowdan daha düşük olmasına neden olabilir. Ancak bu dezavantaj, jelatin içermeyen marshmallowların soğuk olarak tüketilen şekerleme ürünleri arasına dahil edilmesiyle hatta kek yada çikolata gibi ürünlerde dolgu maddesi olarak kullanılmasıyla avantaja dönüştürülebilir. Böylece aquafaba ve gellan

gam kombinasyonu kullanımı ile şekerleme ürünlerine fonksiyonel özellikler kazandırılabilir ve değişen beslenme alışkanlıklarına yeni bir katkı sunulabilir. Son olarak, yapılan bu çalışma, aquafaba ve gellan gamın marshmallow ürünlerinde kullanıldığı ilk çalışma olup, ileride üretilebilecek bitki bazlı bileşenler içeren marshmallow tipi ürünlere kaynak niteliği de taşımaktadır.



KAYNAKLAR

- Ahmed, J. (2017). Rheological properties of gelatin and advances in measurement. *Advances in food rheology and its applications* (1th ed.) (377-404). Cambridge: Woodhead Press.
- Alsaman, F. B., Tulbek, M., Nickerson, M., and Ramaswamy, H. S. (2020). Evaluation of factors affecting aquafaba rheological and thermal properties. *LWT-Food Science and Technology*, 132, 109831.
- Asghar, A., Nazir, A., and Maan, A. A. (2023). Food gels: Gelling process and new applications. In *Advances in Food Rheology and Its Applications* (2th ed.) (365-384). Cambridge: Woodhead Publishing.
- Ashwini, A., Jyotsna, R., and Indrani, D. (2009). Effect of hydrocolloids and emulsifiers on the rheological, microstructural and quality characteristics of eggless cake. *Food Hydrocolloids*, 23(3), 700–707.
- Aslan, M., and Ertas, N. (2020). Possibility of using chickpea aquafabas egg replacer in traditional cake formulation. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 24(1), 1-8.
- Atik, D. S. (2021). *Jelatin bazlı yumuşak şekerlerin erime özelliklerinin reometre temelli yeni metot ile belirlenmesi* (Doktora Tezi), Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Babic, J., Subaric, D., Ackar, D., Kopjar, M., Tiban, N. N. (2009). Acetylation and characterisation of corn starch. *Journal of Food Science Technology*, 46(5), 423–426.
- Bird, L. G., Pilkington, C. L., Saputra, A., and Serventi, L. (2017). Products of chickpea processing as texture improvers in gluten-free bread. *Food Science and Technology International*, 23(8), 690-698.
- Bourne, M. (2002). Food texture and viscosity: concept and measurement (2th ed.). Cambridge: Academic Press.
- Buhl, T. F., Christensen, C. H., and Hammershøj, M. (2019). Aquafaba as an egg white substitute in food foams and emulsions: Protein composition and functional behavior. *Food Hydrocolloids*, 96(8), 354-364.
- Burey, P., Bhandari, B. R., Rutgers, R. P. G., Halley, P. J., and Torley, P. J. (2009). Confectionery gels: A review on formulation, rheological and structural aspects. *International Journal of Food Properties*, 12(1), 176-210.
- Campbell, G. M., and Mougeot, E. (1999). Creation and characterisation of aerated food products. *Trends in Food Science & Technology*, 10(9), 283-296.
- Covaliov, E., Suhodol, N., Chirsanova, A., Capcanari, T., Grosu, C., and Siminiuc, R. (2021). Effect of grape skin powder extract addition on functional and physicochemical properties of marshmallow. *Ukrain Food Journal*, 10(2), 333-345.
- Crawford, K., Tyl, C., and Kerr, W. (2023). Evaluation of processing conditions and hydrocolloid addition on functional properties of aquafaba. *Foods*, 12(4), 775.

- Cui, S. W., Wu, Y., and Ding, H. (2013). The range of dietary fibre ingredients and a comparison of their technical functionality. *Fibre-rich and wholegrain foods: improving quality* (1th ed.) (96-119). Cambridge: Woodhead Publishing.
- Dabestani, M., and Yeganehzad, S. (2018). Effect of persian gum and xanthan gum on foaming properties and stability of pasteurized fresh egg white foam. *Food Hydrocolloids*, 87(12), 550-560.
- Damian, J. J., Huo, S., and Serventi, L. (2018). Phytochemical content and emulsifying ability of pulses cooking water. *European Food Research and Technology*, 244(3), 1647-1655.
- De Cindio, B., Gabriele, D., and Lupi, F. R. (2016). Pectin: properties determination and uses. *Encyclopedia of Food and Health* (1th ed) (294–300). Cambridge: Academic Press.
- Dev, M. J., Warke, R. G., Warke, G. M., Mahajan, G. B., Patil, T. A., and Singhal, R. S. (2022). Advances in fermentative production, purification, characterization and applications of gellan gum. *Bioresource Technology*, 359(231), 127498.
- Di Monaco, R., Miele, N. A., Cabisidan, E. K., and Cavella, S. (2018). Strategies to reduce sugars in food. *Current Opinion in Food Science*, 19(1), 92-97.
- Echeverria-Jaramillo, E., and Shin, W. S. (2023). Current processing methods of aquafaba. *Trends in Food Science & Technology*, 138(1), 441-452.
- Eddy, S., and Editya, F. (2020). The effect of concentrations of ephinephelus sp. skin gelatin on the quality of halal marshmallows. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*, 97(1), 120-125.
- Erdem, N., Taş, N. G., Kocadağlı, T., and Gökmen, V. (2023). Modelling of perceived sweetness in biscuits based on sensory analysis as a new tool to evaluate reformulation performance in sugar reduction studies. *Food Chemistry*, 425(3), 136490.
- Ergun, R., Lietha, R., and Hartel, R. W. (2010). Moisture and shelf life in sugar confections. *Critical Reviews In Food Science And Nutrition*, 50(2), 162-192.
- Ertaş, N., and Doğruer, Y. (2010). Besinlerde tekstür. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 7(1), 35-42.
- Flutto, L. (2003). Pectin: Properties and determination. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* (2th ed.) (4440–4449). Cambridge: Academic Press.
- Fonseca, L. R., Santos, T. P., Czaikoski, A., and Cunha, R. L. (2022). Microfluidics based production of chitosan-gellan nanocomplexes encapsulating caffeine. *Food Research International*, 151(1), 110885.
- García-Ochoa, F., Santos, V., Casas, J., and Gómez, E. (2000). Xanthan gum: production, recovery, and properties. *Biotechnology Advances*, 18(7), 549–579.
- Ghendov-Moşanu, A. (2018). The use of dog-rose hips (*Rosa canina*) fruits in the production of marshmallow type candy. *Food and Environment Safety*, 27(1), 59-65.

- Giavasis, I., Harvey, L. M., and McNeil, B. (2000). Gellan gum. *Critical Reviews In Biotechnology*, 20(3), 177-211.
- Glicksman, M. (2020). *Food hydrocolloids* (3th ed.). Boca Raton: Crc Press.
- Gok, S., Toker, O. S., Palabiyik, I. and Konar, N. (2020). Usage possibility of mannitol and soluble wheat fiber in low calorie gummy candies. *LWT-Food Science and Technology*, 128(1), 109531.
- Goktas, H., Konar, N., Sagdic, O., and Toker, O. S. (2021). Investigation effects of inulin degree of polymerization on compound chocolate quality. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(11), e15766.
- Goztok, S. P., Gunes, R., Toker, O. S., Palabiyik, I., and Konar, N. (2022). Investigation of the use of various fruit juice concentrates instead of corn syrup in marshmallow type products: A preliminary study. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 30(2), 100616.
- Gunes, R., Palabiyik, I., Konar, N., & Toker, O. S. (2022). Soft confectionery products: Quality parameters, interactions with processing and ingredients. *Food Chemistry*, 385(6), 132735.
- Hartel, R. W., Joachim, H., and Hofberger, R. (2018). *Confectionery science and technology* (1th ed.) (85-124). Cham, Switzerland: Springer.
- He, Y., Meda, V., Reaney, M. J., and Mustafa, R. (2021). Aquafaba, a new plant-based rheological additive for food applications. *Trends in Food Science & Technology*, 111(2), 27-42.
- Hutchings, J. B. (2011). *Food colour and appearance* (1th ed.). Springer Science & Business Media.
- Jindal, N., and Singh Khattar, J. (2018). Microbial polysaccharides in food industry. *Biopolymers for Food Design*, (1th ed.) (95–123). Cambridge: Academic Press.
- Karim, A. A., and Bhat, R. (2008). Gelatin alternatives for the food industry: recent developments, challenges and prospects. *Trends in Food Science & Technology*, 19(12), 644–656.
- Kavya, M., Jacob, A. R., and Nisha, P. (2023). Pectin emulsions and emulgels: Bridging the correlation between rheology and microstructure. *Food Hydrocolloids*, 143(1), 108868.
- Kazantsev, E. V., Kondratev, N. B., Rudenko, O. S., Petrova, N. A., and Belova, I. A. (2022). Formation of a foamy structure of confectionery pastille products. *Food Systems*, 5(1), 64-69
- Kim, Y. H., and Shin, W. S. (2022). Evaluation of the physicochemical and functional properties of aquasoya (*Glycine max* Merr.) powder for vegan muffin preparation. *Foods*, 11(4), 591.

- Klinjapo, R., and Krasaekoopt, W. (2018). Microencapsulation of color and flavor in confectionery products. *Natural and Artificial Flavoring Agents and Food Dyes*, (2th ed.) (457-494). Cambridge: Academic Press.
- Krstonošić, V., Jovičić-Bata, J., Maravić, N., Nikolić, I., and Dokić, L. (2021). Rheology, structure, and sensory perception of hydrocolloids. *In Food Structure and Functionality*, (1th ed.) (23-47). Cambridge: Academic Press.
- Lees, R. (2012). *Sugar confectionery and chocolate manufacture* (1th ed.) (299-323). Berlin: Springer Publishing.
- Lim, M. H., Yin, J. and Heenan, S. (2006). The mistery of marshmallow hardening. *Food preservation technology series-water properties of food, pharmaceutical and biological materials* (1st ed.) (325–342). New York: Taylor and Francis.
- Manuel, J. B. J., Jesús, R. M., Erasmo, H. L., Andrés, A. C., Manuel, M. V. V., and Betsabé, H. S. (2022). Application of differential scanning calorimetry to dairy foods. *Dairy Foods* (1th ed.) (233-260). Cambridge: Woodhead Press.
- Mardani, M., Yeganehzad, S., Ptichkina, N., Kodatsky, Y., Kliukina, O., Nepovinnikh, N., and Naji-Tabasi, S. (2019). Study on foaming, rheological and thermal properties of gelatin-free marshmallow. *Food Hydrocolloids*, 93(2), 335-341.
- Marfil, P. H., Anhê, A. C., and Telis, V. R. (2012). Texture and microstructure of gelatin/corn starch-based gummy confections. *Food Biophysics*, 7(3), 236-243.
- Meurer, M. C., de Souza, D., and Marczak, L. D. F. (2020). Effects of ultrasound on technological properties of chickpea cooking water (aquafaba). *Journal of Food Engineering*, 265(3), 109688.
- Miquelim, J. N., and Da Silva Lannes, S. C. (2009). Egg albumin and guar gum influence on foam thixotropy. *Journal of texture studies*, 40(5), 623-636.
- Moorhouse, R. (2004). Ubiquitous hydrocolloid. *Food Ingredients*, 9(3), 24-30.
- Morales, M. E., and Ruiz, M. A. (2016). Microencapsulation of probiotic cells: applications in nutraceutic and food industry. *Nutraceuticals*, 1(4), 627-668.
- Morris, V., and Groves, K. (2013). *Food microstructures: Microscopy, measurement and modelling* (1st ed.). Cambridge: Woodhead Press.
- Morrison, N. A., Clark, R. C., Chen, Y. L., Talashek, T., and Sworn, G. (1999). Gelatin alternatives for the food industry. *Physical chemistry and industrial application of gellan gum* (1th ed.) (127-131). Berlin, Heidelberg Press.
- Mustafa, R., He, Y., Shim, Y. Y., and Reaney, M. J. (2018). Aquafaba, wastewater from chickpea canning, functions as an egg replacer in sponge cake. *International journal of food science & technology*, 53(10), 2247-2255.
- Nguyen, T. M. N., Nguyen, T. P., Tran, G. B., & Le, P. T. Q. (2020). Effect of processing methods on foam properties and application of lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) aquafaba in eggless cupcakes. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(11), e14886.

- Periche, Á., Castelló, M. L., Heredia, A., & Escriche, I. (2016). Stevia rebaudiana, oligofructose and isomaltulose as sugar replacers in marshmallows: Stability and antioxidant properties. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40(4), 724-732
- Piliugina, I., Artamonova, M., Murlykina, N., and Shidakova-Kamenyuka, O. (2019). Study of the foaming properties of gelatin with solubilized substances for the production of marshmallows. *Food Science and Technology*, 13(1), 90-97.
- Rahman, M. S. (2019). Water activity and glass transition of foods. *Reference module in food science* (2nd ed.) (1-10). Amsterdam: Elsevier Press.
- Raikos, V., Hayes, H., and Ni, H. (2020). Aquafaba from commercially canned chickpeas as potential egg replacer for the development of vegan mayonnaise: Recipe optimisation and storage stability. *International Journal of Food Science & Technology*, 55(5), 1935-1942.
- Rosell, C. M., and Garzon, R. (2018). Microstructure and its relationship with quality of confectionary and bakery products. *Food microstructure and its relationship with quality and stability* (1th ed.) (217-238). Cambridge: Woodhead Press.
- Rukmanikrishnan, B., Ismail, F. R. M., Manoharan, R. K., Kim, S. S., and Lee, J. (2020). Blends of gellan gum/xanthan gum/zinc oxide based nanocomposites for packaging application: rheological and antimicrobial properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 148, 1182-1189.
- Sablani, S. S., Kasapis, S., and Rahman, M. S. (2007). Evaluating water activity and glass transition concepts for food stability. *Journal of Food Engineering*, 78(1), 266-271.
- Saha, D., and Bhattacharya, S. (2010). Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review. *Journal of Food Science and Technology*, 47(6), 587–597.
- Samira, Y. (2018). Study of the stability of foam and viscoelastic properties of marshmallow without gelatin. *Foods and Raw Materials*, 6(1), 90-98.
- Sani, M. S. A., Ismail, A. M., Azid, A., and Samsudin, M. S. (2021). Establishing forensic food modellings for authentication and quantification of porcine adulterant in gelatine and marshmallow. *Food Control*, 130(3), 108350.
- Santz, T., Salvador, A., Baixauli, R., Fiszman, S. M., 2009. Evaluation of four types of resistant starch in muffins. Effects in texture, colour and consumer response. *European Food Research and Technology*, 229(2), 197–204.
- Sasmitaloka, K. S. 2017. A study on the potential of cow skin as the raw material for halal gelatin production. *Bulletin Peternakan*, 41(3), 328-337.
- Setarehnejad, A., and Hall, N. (2021). An investigation in the characteristics and properties of aquafaba and its use in large scale manufacturing. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 121(9), A17.
- Sheng, Y., Lu, S., Xu, M., Wu, X., and Li, C. (2016). Effect of Xanthan gum on the performance of aqueous film-forming foam. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 37(11), 1664-1670.

- Shim, Y. Y., He, Y., Kim, J. H., Cho, J. Y., Meda, V., Hong, W. S., and Reaney, M. J. (2021). Aquafaba from Korean soybean I: A functional vegan food additive. *Foods*, 10(10), 2433.
- Shim, Y. Y., Mustafa, R., Shen, J., Ratanapariyanuch, K., and Reaney, M. J. (2018). Composition and properties of aquafaba: Water recovered from commercially canned chickpeas. *Journal of Visualized Experiments*, 2018(132), e56305.
- Stantiall, S. E., Dale, K. J., Calizo, F. S., and Serventi, L. (2018). Application of pulses cooking water as functional ingredients: The foaming and gelling abilities. *European Food Research and Technology*, 244(11), 97-104.
- Subbiah, B., Blank, U. K., and Morison, K. R. (2020). A review, analysis and extension of water activity data of sugars and model honey solutions. *Food Chemistry*, 326, 126981.
- Sworn, G., and Stouby, L. (2021). Gellan gum. *Handbook of hydrocolloids* (2th ed.) (855-885). Cambridge: Woodhead Press.
- Sworn, G., Sanderson, G. R., and Gibson, W. (1995). Gellan gum fluid gels. *Food hydrocolloids*, 9(4), 265-271.
- Şahin, A. (2021). *Farklı formlarda geliştirilen glütensiz galetelerin besin değerleri, duyu analizleri ve satın alma niyeti açısından değerlendirilmesi* (Yüksek lisans tezi), Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kocaeli.
- Tan, J. M., and Lim, M. H. (2008). Effects of gelatine type and concentration on the shelf-life stability and quality of marshmallows. *International Journal of Food Science & Technology*, 43(9), 1699-1704.
- Tekin, N. (2022). *İnülin ve kolajenin jöle tipi şekerleme üretiminde kullanımı* (Yüksek lisans tezi), Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Terashima, Y. (2022). Thermal study on cotton candy by differential scanning calorimetry. *Chemical Physics Letters*, 805(4), 139953.
- Tufaro, D., and Cappa, C. (2023). Chickpea cooking water (Aquafaba): Technological properties and application in a model confectionery product. *Food Hydrocolloids*, 136, 108231.
- Tyapkova, O., Siefarth, C., Schweiggert-Weisz, U., Beauchamp, J., Buettner, A., and Bader-Mittermaier, S. (2016). Flavor release from sugar-containing and sugar-free confectionary egg albumen foams. *LWT-Food Science and Technology*, 69, 538-545.
- Xiao, H., Wang, S., Xu, W., Yin, Y., Xu, D., Zhang, L., and Xu, B. (2020). The study on starch granules by using darkfield and polarized light microscopy. *Journal of Food Composition and Analysis*, 92, 103576.
- Xie, W., Du, Y., Yuan, S., and Pang, J. (2021). Dihydromyricetin incorporated active films based on konjac glucomannan and gellan gum. *International Journal of Biological Macromolecules*, 180, 385-391.

- Yildiz, Ö., Yurt, B., Baştürk, A., Toker, Ö. S., Yilmaz, M. T., Karaman, S., and Dağlıoğlu, O. (2013). Pasting properties, texture profile and stress relaxation behavior of wheat starch/dietary fiber systems. *Food Research International*, 53(1), 278-290.
- Zeece, M. (2020). Carbohydrates. *Introduction to the chemistry of food* (2th ed.) (81–125). Cambridge: Academic Press.

