

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**AQUAFABANIN YANIT-YÜZEY METODOLOJİSİ İLE OPTİMİZASYONU VE
BİTKİSEL BAZLI MAYONEZ ÜRETİMİNDE KULLANIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mine BÜKER

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

ŞUBAT 2023

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**AQUAFABANIN YANIT-YÜZEY METODOLOJİSİ İLE OPTİMİZASYONU VE
BİTKİSEL BAZLI MAYONEZ ÜRETİMİNDE KULLANIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Mine BÜKER
(506201518)**

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

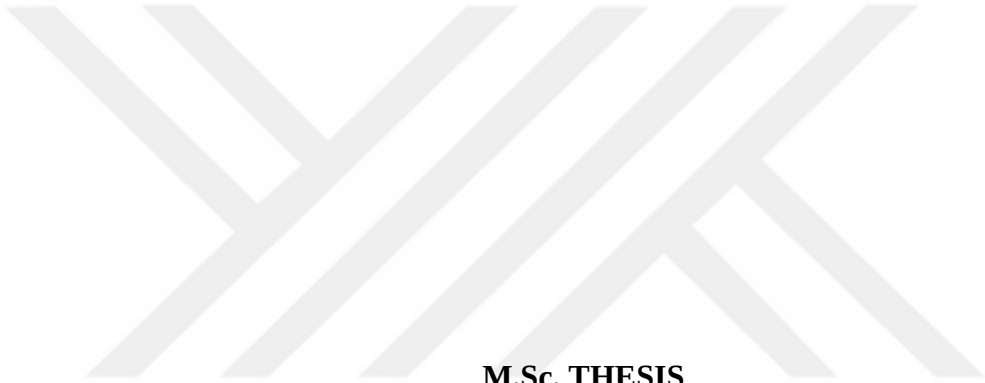
Gıda Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç.Dr. Aslı Can Karaça

ŞUBAT 2023

ISTANBUL TECNIC UNIVERSITY ★ GRADUATE SCHOOL

**OPTIMIZATION OF AQUAFABA WITH RESPONSE- SURFACE
METHODOLOGY AND ITS USE IN PLANT-BASED MAYONNAISE**



M.Sc. THESIS

**Mine BÜKER
(506201518)**

Department of Food Engineering

Food Engineering Programme

Thesis Advisor: Doç.Dr. Aslı Can Karaça

FEBRUARY 2023

İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 506201518 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Mine Büker, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “Aquafabanın Yanıt-Yüzey Metodolojisi ile Optimizasyonu Ve Bitkisel Bazlı Mayonez Üretiminde Kullanımı” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç.Dr. Aslı Can Karaça**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Esra Çapanoğlu Güven**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Dr. Öğr. Üye. Zeynep Tacer Caba**
Bahçeşehir Üniversitesi

Teslim Tarihi : 16 Şubat 2023
Savunma Tarihi : 21 Şubat 2023





Ailem ve arkadaşlarıma,



ÖNSÖZ

Uzun süredir üzerinde yoğun bir şekilde çalıştığım, ciddi emek vererek hazırladığım Yüksek Lisans tezimi bitirmiş olmanın haklı sevincini ve gururunu yaşıyorum. Bu bölümü tez sürecimde yanımda olan gizli kahramanlara teşekkür etmek için ilave ediyorum.

Öncelikle bu çalışmayı yaparken bana yön veren, tez yazım sürecimde istediğim şekilde çalışmama olanak sağlayan, akademik ve manevi olarak desteğini hiçbir zaman esirgemeyen danışman hocam Doç. Dr. Aslı Can KARAÇA'ya teşekkürü bir borç bilirim. Desteğini her zaman yanımda hissetmek benim için çok kıymetliydi.

Çalışmalarımı iş yerimde yürütmeme izin veren, bu konuda her imkanı sağlayan Döhler Gıda ekibine bu tezi yürütmeme destekledikleri için çok teşekkür ederim.

Hayatım boyunca hep desteklerini hissettiğim biricik aileme ve her zaman yanımda olan arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum. Manevi olarak yanımda olmanız, desteğinizle her zaman beni motive etmeniz, umutsuzluğa kapıldığım noktalarda yanımda olarak beni cesaretlendirmeniz sayesinde bulunduğum noktadayım. Siz olmasaydınız bunu başaramazdım. Destekleriniz için hepinize minnettarım ve sevgilerimi iletiyorum. Her zaman benimle olmanız dileğimle.

Şubat 2023

Mine BÜKER
(Gıda Mühendisi)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Tezin Amacı	1
1.2. Literatür Araştırması	2
1.2.1. Vegan- vejetaryen beslenme anlayışı.....	2
1.2.2. Nohut.....	3
1.2.2.1. Nohudun işlenmesi.....	5
1.2.3. Aquafaba	6
1.2.4. Mayonez.....	10
1.2.4.1 Mayonez bileşenleri	11
1.2.4.2. Endüstriyel mayonez üretimi	12
1.2.4.3. Bitkisel kaynaklı mayonez	14
1.2.5. Yanıt-Yüzey Metodolojisi (YYM).....	15
1.3. Hipotez	15
2. MATERYAL-METOT	17
2.1. Materyal	17
2.2. Metot.....	17
2.2.1. Ön denemeler	17
2.2.2. Deney tasarımı	18
2.2.3. Örneklerin hazırlanması	19
2.2.4. Aquafabaya uygulanan analizler	21
2.2.4.1. pH analizi	21
2.2.4.2. Çözünen kuru madde tayini (°Brix)	21
2.2.4.3. Köpük oluşturma kapasitesi ve köpük stabilitesi	21
2.2.4.4. Emülsiyon aktivite indeksi (EAI).....	22
2.2.5. Yanıt-Yüzey Metodolojisi ile elde edilen optimum örnek.....	23
2.2.6. Mayonez üretimi	24
2.2.7. Mayoneze uygulanan analizler.....	25
2.2.7.1. Çözünen kuru madde tayini (°Brix)	26
2.2.7.2. pH analizi	26
2.2.7.3. Asitlik tayini.....	26
2.2.7.4. Akışkanlık Analizi	26
2.2.7.5. Mayonez örneklerinin ısıl stabilitesi	27
2.2.7.6. Duyusal analiz	27

2.2.7.7. Raf ömrü analizi	28
2.2.7.8. İstatistiksel analizler	28
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	29
3.1. Aquafaba Analiz Sonuçları	29
3.1.1 pH ve çözünen kuru madde (°Brix) miktarı	29
3.1.2. Köpük oluşturma kapasitesi ve köpük stabilitesi	30
3.1.3. Emülsiyon aktivite indeksi (EAI)	35
3.1.4. Optimizasyon ve doğrulama	37
3.2. Mayonez Örneklerinin Karakteristik Özellikleri	37
3.2.1. pH	37
3.2.2. Asitlik	38
3.2.3. Çözünen Kuru Madde	39
3.2.4. Akışkanlık	39
3.2.5. Isıl stabilite	40
3.2.6. Duyusal Özellikler	41
3.2.7. Raf Ömrü	43
SONUÇ VE ÖNERİLER	47
KAYNAKLAR	49
EKLER	55
EK-A	55
ÖZGEÇMİŞ	57

KISALTMALAR

YYM: Yanıt-Yüzey Metodolojisi

EAI: Emülsiyon aktivite indeksi

ANOVA: Tek yönlü varyans analizi





ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1: Farklı nohut tiplerinin besin öğeleri kompozisyonu.....	4
Çizelge 1.2: İşlenmemiş nohut, pişmiş nohut ve aquafabanın kimyasal bileşimi (g/100g).....	7
Çizelge 1.3: Aquafabanın son yıllarda kullanıldığı çalışmalar.....	10
Çizelge 1.4: Mayonez Formülasyonu	11
Çizelge 2.5: Ön demelerdeki proses koşulları	17
Çizelge 2.6: Yanıt-Yüzey Metodolojisi ile oluşturulan deney seti.....	19
Çizelge 2.7: Aquafaba ile üretilen mayonez formülasyonu.....	25
Çizelge 3.8: Aquafaba örneklerinin ilk pH ve °Brix değerleri	29
Çizelge 3.9: Farklı koşullarda köpük kapasitesindeki değişimin YYM için ANOVA tablosu	31
Çizelge 3.10: Farklı koşullarda köpük stabilitesindeki değişimin YYM için ANOVA tablosu	33
Çizelge 3.11: Farklı koşullarda EAI üzerindeki değişimin YYM için ANOVA tablosu	35
Çizelge 3.12: Optimize şartlarla üretilen aquafabanın analiz sonuçları	37
Çizelge 3.13: Mayonezlere uygulanan analiz sonuçları	38
Çizelge 3.14: Mayonez örneklerinin duyu özellikleri	41
Çizelge 3.15: Raf ömrü sonrasında mayonez örneklerinin sonuçları	43



ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1: Dünya’da nohut üretiminin bölgesel olarak dağılımı.....	4
Şekil 1.2: Dünya'da yıllara göre nohut üretimi.....	5
Şekil 1.3:Türkiye'de yıllara göre nohut üretimi.....	5
Şekil 1.4: Aquafaba	6
Şekil 1.5: Aquafabanın kimyasal ve fonksiyonel özelliklerini etkileyen parametreler	8
Şekil 1.6: Mayonez üretim proses şeması	13
Şekil 2.7: Ön denemelerde elde edilen aquafaba örnekleri	18
Şekil 2.8: Aquafabaların hazırlanışı	19
Şekil 2.9: Üretilen aquafaba örnekleri	20
Şekil 2.10: Aquafaba örneklerinin pH seviyeleri ayarlandıktan sonra oluşan faz ayrımı	20
Şekil 2.11: pH metre	21
Şekil 2.12: Refraktometre	21
Şekil 2.13: Aquafadan üretilen köpük.....	22
Şekil 2.14: Emülsiyon aktivite indeksinin ölçülmesi	23
Şekil 2.15: Optimizasyon verilerine göre elde edilen aquafaba	24
Şekil 2.16: pH değeri ayarlandıktan bir süre bekledikten sonra elde edilen görüntü	24
Şekil 2.17: Mayonez üretimi.....	25
Şekil 2.18: Aquafabalı mayonez.....	25
Şekil 2.19: Analizler sırasında kontrol olarak kullanılan piyasa ürünleri	26
Şekil 2.20: Titratör.....	26
Şekil 2.21: Bostwick konsistometresi.....	27
Şekil 2.22: Su banyosu	27
Şekil 2.23: Etüv	28
Şekil 3.24: pH ve sürenin aquafabanın köpük oluşturma kapasitesine etkisi.....	31
Şekil 3.25: pH ve katı-sıvı oranının aquafabanın köpük oluşturma kapasitesi üzerindeki etkisi	32
Şekil 3.26: Katı-sıvı oranı ve sürenin aquafabanın köpük oluşturma kapasitesi üzerindeki etkisi	32
Şekil 3.27: pH ve sürenin aquafabanın köpük stabilitesi üzerindeki etkisi	33
Şekil 3.28: pH ve katı-sıvı oranının aquafabanın köpük stabilitesine etkisi.....	34
Şekil 3.29: Katı-sıvı oranı ve sürenin aquafabanın köpük stabilitesine etkisi	34
Şekil 3.30: pH ve sürenin aquafabanın EAI üzerindeki etkisi.....	35
Şekil 3.31: pH ve katı-sıvı oranının aquafabanın EAI üzerindeki etkisi	36
Şekil 3.32: Katı-sıvı oranı ve sürenin aquafabanın EAI üzerindeki etkisi	36
Şekil 3.33: Isıl stabilite analizinde 30 ve 60 dk sonunda örneklerin görünümü.....	40
Şekil 3.34: Mayonez örneklerinin görünümü	42
Şekil 3.35: Duyusal analiz radar grafiği.	43
Şekil 3.36: Örneğin raf ömrü testi bittikten sonraki görünümü.....	44
Şekil 3.37: Raf ömrü testi öncesi	45
Şekil 3.38: Raf ömrü testi sonrası.....	45



AQUAFABANIN YANIT-YÜZEY METODOLOJİSİ İLE OPTİMİZASYONU VE BİTKİSEL BAZLI MAYONEZ ÜRETİMİNDE KULLANIMI

ÖZET

Aquafaba nohut gibi baklagillerin haşlama işlemi sonrasında tanelerin ayrılması ile elde edilen sıvı olarak adlandırılmaktadır. Yapısında bulunan protein ve karbonhidrat bileşenleri sayesinde köpük ve emülsiyon oluşturma özellikleri bulunmaktadır. Bu özellikleri sebebiyle aquafaba günümüzde vegan ürünler geliştirilirken yumurta alternatifi olarak kullanılma potansiyeli olan bir hammadde. Aquafabanın yumurtasız mayonez, mousse, mereng, dondurma, emülsifiye soslar, kokteyller ve fırıncılık ürünlerinde kullanılabilme potansiyeli yüksektir. Çorba ve keklerde emülsiyon, ekmek ve dondurmada su tutma kapasitesi ve tatlılarda yağ tutma kapasitesi sağlaması amacıyla bu tip ürünlerde aquafaba kullanılmaktadır.

Aquafabanın fonksiyonel ve kimyasal özellikleri üretim koşullarına göre farklılık göstermektedir. Nohut-su oranı, süre, sıcaklık, pH, ilave edilen katkı maddeleri gibi parametreler aquafabanın bileşimini ve özelliklerini doğrudan etkilemektedir.

Bu çalışma aquafabanın köpük oluşturma ve emülsifiye etme özelliklerini iyileştirmek için gereken proses koşullarını Yanıt-Yüzey Metodolojisi kullanılarak optimize etmeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda belirlenen koşullarda deney tasarımı oluşturularak aquafabanın fonksiyonel özellikleri incelenmiştir.

Aquafaba numuneleri katı-sıvı oranı 0,20, 0,225 ve 0,25, haşlama süresi 60, 70 ve 80 dk olacak şekilde üretilmiştir. Aquafaba numunelerinin deney tasarımında belirlenen pH değerleri aquafabanın sıcaklığı 20°C'ye düştükten sonra sitrik asit ve trisodyum sitrat çözeltileri ilave edilerek 2, 4 ve 6'ya ayarlanmıştır.

Deney tasarımına göre hazırlanan aquafaba örneklerinin °Brix, pH, köpük oluşturma kapasitesi, köpük stabilitesi ve emülsiyon aktivite indeksi değerleri ölçülmüştür. Elde edilen örneklerin °Brix değerleri 1,3-2,2 arasında değerler alırken ilk pH değerleri 6,0-6,1 arasında değişmiştir. Köpük oluşturma kapasitesi ve köpük stabilitesi incelendiğinde pH değeri 4 olan örneklerin köpük oluşturma özellikleri diğer örneklerle göre daha iyi sonuç vermiştir. En yüksek köpük oluşturma kapasitesi ve köpük stabilitesi pH 4 olarak ayarlanan örneklerde kaydedilmiştir. Köpük oluşturma kapasitesi %58,5 -74,5 arasında değişirken; köpük stabilitesi % 4,5-83,8 arasında değerler almıştır. Emülsiyon aktivite indeksi köpük özelliklerinin aksine daha düşük pH seviyelerinde daha iyi sonuçlar kaydedilmiştir Emülsiyon aktivite indeksi ise % 96,8- 99,1 arasında değişmiştir. Katı-sıvı oranının emülsiyon aktivite indeksini önemli düzeyde etkilediği görülmüştür ($p<0,05$).

Deney tasarımı ile elde edilen örneklerle uygulanan analizler sonucunda optimum koşullarda bir örnek üretilmiş olup; validasyonu yapılmıştır. Yapılan optimizasyon sonucuna göre bu deney tasarımında pH 3,58, süre 80 dk ve katı-sıvı oranı 0,25

olduğunda optimum koşulların sağlandığı sonucuna ulaşılmıştır. Optimize koşullar ile üretilen örnek ile bitkisel kaynaklı bir mayonez üretilmiştir. Üretilen bu mayonez ticari olarak satılan standart ve vegan mayonez ile karşılaştırılmıştır. Mayonez örneklerinin pH, °Brix, asitlik, kıvam, raf ömrü ve ısı stabilitesi özellikleri incelenmiştir. Bunlara ek olarak duyusal analiz ile ürünler panelistler tarafından değerlendirilmiştir. Mayonez örneklerinin kimyasal özellikleri incelendiğinde aquafaba ile üretilen üründe °Brix ve kıvam değerleri daha düşük olarak ölçülmüştür. Bunun sebebi kullanılan formülasyonlar arasındaki farklılıklardır.

Mayonez örneklerinin ısıl stabilitesi incelendiğinde 30 dk sonunda aquafaba içeren mayonez ve piyasadan temin edilen vegan mayonezde herhangi bir değişim gözlenmemiştir. Fakat piyasadan temin edilen standart mayonez örneğinde yağ fazının ayrılmaya başladığı ve örnek yüzeyinde sıvı birikmeye başladığı dikkat çekmiştir. Piyasadan temin edilen standart mayonezin ısıl stabilitesi bu çalışma kapsamında üretilen ve piyasadan ticari olarak temin edilen mayoneze göre daha düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Duyusal analiz sırasında panelistlerden hem demografik sorular içeren; hem de parametreleri puanlayabilecekleri bir form doldurmaları istenmiştir. Duyusal analiz sonucu elde edilen veriler incelendiğinde tüketicilerin %85'i "Bu ürünü satın alırmısınız?" sorusuna "Satın alırım" şeklinde yanıt vermiştir. Panelistlerden gelen yorumlara göre yapılan değerlendirmede piyasadan temin edilen vegan mayonezin ağızda yağlı ve yapay bir tat bıraktığı yönünde yorumlar iletilmiştir. Bu çalışma kapsamında üretilen mayonez için ise için 'Zayıf, ağızda çok çabuk kayboluyor' şeklinde geri dönüşler alınmıştır. Aquafabalı mayonezin renk olarak da geliştirilmeye ihtiyacı olduğu panelistler tarafından vurgulanmıştır. Ürünlerin genel kabul edilebilirliği incelendiğinde en düşük puanı vegan olan ticari ürün almıştır. Aquafabalı ürün hakkında gelen yorumlar incelendiğinde beklenildiği gibi yabancı tadın yoğun hissedilmediği ve düşünülene göre çok daha iyi olduğu ile ilgili yorumlar panelistler tarafından ek olarak iletilmiştir.

Aquafabalı ürünün stabilitesi hakkında bilgi sahibi olabilmek için raf ömrü testi yapılmıştır. Bu analizde aquafaba ile üretilen mayonez örneği 5 gün boyunca 37°C'de depolanmıştır. Sürenin sonunda ürün incelendiğinde duyusal özelliklerin önemli ölçüde değiştiği, asitliğin yükseldiği gözlemlenmiştir. Yapılan bu teste göre 5 günün sonunda ürün kalitesinde kabul edilemez ölçüde düşüş meydana gelmiştir.

Sonuç olarak aquafabanın özellikleri pH, süre ve katı-sıvı oranına göre değişkenlik göstermiştir. Aquafabanın üretim koşulları optimize edilerek istenmeyen yabancı tadı baskılamak ve fonksiyonel özelliklerini geliştirmek mümkündür. Yabancı tat azaldığı durumlarda aquafabanın farklı ürünlerde kullanımı daha kolay olurken; aynı zamanda tüketiciler tarafından da daha kabul edilebilir ürünler elde etmek mümkündür. Bu çalışma kapsamında aquafaba bitkisel bazlı mayonez formülasyonunda başarılı şekilde kullanılmıştır. Fakat yapılan raf ömrü testi sonuçları gözlemlendiğinde ürün stabilitesinin düşük olduğu görülmüştür; bu nedenle ürünün raf ömrünün uzatılmasına ihtiyaç vardır.

Anahtar kelimeler: Aquafaba, Yanıt-Yüzey Metodolojisi, Bitkisel bazlı mayonez

OPTIMIZATION OF AQUAFABA WITH RESPONSE- SURFACE METHODOLOGY AND ITS USE IN PLANT-BASED MAYONNAISE

SUMMARY

The liquid obtained by separating the grains after cooking legumes such as chickpeas is known as aquafaba. It is seen that the chemical composition of aquafaba contains 92-95% water and 5-8% dry matter. It contains carbohydrates, low molecular weight proteins (0.7–1.5 g/100 g), saponins (4.5–14 mg/g), ash (0.4–0.8 g/100), phenolic compounds (0.3–0.7 mg/g). Aquafaba has foaming and emulsion-forming capabilities due to its protein and carbohydrate components. Due to these properties, aquafaba is a raw material that has the potential to be used as an egg alternative on vegan products.

Aquafaba has a high potential to be used in eggless mayonnaise, mousse, meringue, ice cream, emulsified sauces, cocktails and bakery products. Aquafaba is used in such products to provide emulsion in soups and cakes, water holding capacity in bread and ice cream, and oil holding capacity in desserts. These characteristics vary depending on how aquafaba is produced. The attributes of aquafaba are directly affected by variables such as the chickpea-water ratio, time, temperature, pH and additives if used. This research aims to improve the foaming and emulsifying properties of aquafaba as well as the stability of foams and emulsions produced using the Response-Surface Methodology by optimizing the process parameters. The functional features of aquafaba were investigated in this context by creating an experimental design under the specified conditions.

The solid-liquid ratio was 0.20, 0.225, and 0.25 and the boiling time was 60, 70, and 80 min, respectively. Citric acid and trisodium citrate solutions were used to adjust the pH values of the aquafaba samples determined during the experimental design and adjusted to 2, 4 and 6.

In the aquafaba samples were prepared according to the experimental design, °Brix, pH, foam volume, foam stability, and emulsion activity index were determined. The °Brix values of the samples ranged from 1.3 to 2.2, with initial pH values ranging from 6.0 to 6.1. °Brix value is less compared with other study but composition of aquafaba is different each other. The foaming properties of the samples with pH 4 were observed to be significantly better compared to the other samples in terms of foam volume and stability. The foam volume ranged from 58.5 to 74.5 %, while the foam stability ranged between 4.5-83.8 %. The emulsion activity index ranged from 96.8 to 99.1 %. The emulsion activity index was considerably affected by the solid-liquid ratio.

According to all graphics and data, maximum values for foaming capacity, foam stability and emulsion activity index were obtained when the solid-liquid ratio was

around 0.25 and the time was over 70 minutes. Maximum levels were reached at pH 4 for foaming capacity and stability, and at pH 2 for emulsion activity index. Similar trends were obtained when the optimized samples were validated.

As a result of the analyzes applied to the samples obtained by the experimental design, an optimized sample was produced and validated. A plant-derived mayonnaise was produced with the sample produced under optimized conditions. This mayonnaise sample was compared to standard and vegan mayonnaise products available commercially. Analysis of pH, °Brix, acidity and consistency of mayonnaise samples were performed. The acidity and consistency values of the product produced with aquafaba were observed to be low due to the differences in product formulation. It can be improved with changing of the formulation.

According to the results of the thermal stability of the mayonnaise samples, no change was observed in the mayonnaise containing aquafaba and the vegan mayonnaise obtained from the market after 30 minutes. However, it was noted that in the standard mayonnaise sample obtained from the market, the oil phase began to separate and liquid began to accumulate on the sample surface. It has been observed that the thermal stability of the standard mayonnaise obtained from the market is lower than the mayonnaise produced in this study and commercially obtained from the market.

Furthermore the product was evaluated by 21 panelists by performing sensory analysis. During the sensory analysis, the panelists were asked to fill out a form containing both demographic questions and scoring the parameters. Approximately 85% of the panelists replied "Yes" to the "Would you buy this product?" question. To the question of which would you prefer, 11 people answered that they prefer mayonnaise produced with aquafaba, 5 people prefer standard mayonnaise, and 5 people prefer vegan mayonnaise from the market. The reason for not preferring the others is the low mouth saturation of the aquafaba product and the fermented flavors left behind by some panelists; The reason why market products are not chosen is that they have undesirable and artificial flavors in the mouth. In the evaluation according to the comments from the panelists, the vegan mayonnaise obtained from the market left an oily and artificial taste in the mouth. For the mayonnaise produced with aquafaba, feedback was received as "Weak, it disappears very quickly in the mouth". It was emphasized by the panelists that the aquafaba mayonnaise needed to be developed in terms of color. When the general acceptability of the products was examined, vegan mayonnaise which is bought from market received the lowest score. The taste of aquafaba was not felt intensely and that it was much better than what was thought were additionally comment by the panelists. In order to have information about the shelf life of used aquafaba in mayonnaise, the product was stored in a closed container at 37°C for 5 days. At the end of 5 days, it was observed that the sensory properties changed and the acidity increased. According to this test, at the end of 5 days, the product quality declined to an unacceptable level. In conclusion, the properties of aquafaba varied according to pH, time and solid-liquid ratio. By optimizing the production conditions of aquafaba, it is possible to suppress taste and improve its functional properties. In cases where the undesirable taste is reduced, it is easier to use aquafaba in different products, while at the same time it is possible to obtain products that are more acceptable to consumers. Within the scope of this study, aquafaba has been successfully used in mayonnaise formulation. When

the shelf life test was observed, the product stability was found low therefore shelf life of product should be extended.

Key words: Aquafaba, Response-Surface Methodology, Plant-based mayonnaise



1. GİRİŞ

Bu tez kapsamında aquafabanın fonksiyonel özelliklerini etkileyen parametreler üzerinde durulmuş olup; Yanıt-Yüzey Metodolojisi kullanılarak aquafabanın köpük ve emülsiyon oluşturma ve stabilize etme özellikleri optimize edilmiştir. Daha sonrasında optimum şartların sağlandığı aquafaba ile bitkisel bazlı mayonez üretilmiş olup marketlerde ticari olarak satılan yumurta içeren standart mayonez ve vegan etiketli mayonez ile karşılaştırma yapılmıştır.

1.1 Tezin Amacı

Bu tez kapsamında son yıllarda oldukça popüler olan, vegan ürünlerde oldukça sık rastlamaya başlanılan aquafabanın fonksiyonel özellikleri optimize edilmeye çalışılmıştır. Bu çalışma kapsamında katı-sıvı oranı, süre ve pH parametreleri karşılaştırılmıştır. Bu üç etkiyi görebilmek için Yanıt-Yüzey Metodolojisi ile bir deney tasarımı oluşturulmuş olup; deney tasarımına uygun şekilde 15 aquafaba örneği üretilmiştir. Üretilen aquafaba örneklerine aynı gün içinde emülsiyon aktivite indeksi, köpük oluşturma kapasitesi, köpük stabilitesi, pH analizi ve çözünür katı madde analizi yapılmıştır. Daha sonrasında Yanıt-Yüzey Metodolojisi ile emülsiyon ve köpük oluşturma ve stabilize etme özelliklerine göre bir optimizasyon yapılmıştır. Doğrulama için optimize şartlar ile bir aquafaba üretilmiş ve analizler tekrar edilmiştir. Optimize edilen aquafaba örneği ile bir mayonez üretilmiştir. Bu çalışma kapsamında üretilen mayonezin marketlerde ticari olarak satılan ürünlere alternatif olup olamayacağını araştırabilmek için karşılaştırma yapılmıştır.

Tezin öncelikli amacı uygulanan farklı proses şartlarının aquafaba üzerindeki etkisini incelemek ve bu koşulları optimize etmektir. Bu farklı parametreler için optimum değerlerin belirlenmesi aquafabanın köpük ve emülsiyon oluşturma ve stabilize etme özelliklerini de artırarak daha iyi vegan ürünler geliştirmeyi sağlayacaktır. Aynı zamanda atık olarak nitelendirilen kıymetli bir ham maddeye değer kazandırmak tezin öncelikli amaçlarındandır. Sonrasında mayonez yapımında kullanılması vegan bireylerin tüketebileceği bitkisel kaynaklı bir son ürün oluşmasını sağlayacak olup; piyasaya çıkacak yeni ürünlere de yön verecektir. Bu çalışmanın olumlu sonuçları

sayesinde yapı sağlamak için sadece nişasta kullanılan mayonez yerine protein ve lif içeren aquafabanın kullanılması ürüne fonksiyonel özellikler de katacaktır.

1.2. Literatür Araştırması

1.2.1. Vegan- vejetaryen beslenme anlayışı

Vegan ve vejetaryen diyetler son yıllarda oldukça popüler hale gelen beslenme şekilleridir. Son 6 yıl içerisinde vegan ve vejetaryen bireylerin sayısının 5 katına çıktığı belirtilmektedir (Akpınar ve diğ., 2019). Amerika Birleşik Devletleri'nde 2020 yılında bitki bazlı ürün pazarı hayvansal kaynaklı ürün pazarına göre iki kat daha hızlı büyürken; bitkisel kaynaklı ürünlerden elde edilen kazanç toplam 7 milyar \$'a ulaşmıştır. Almanya'daki bitkisel kaynaklı ürün pazarı incelendiğinde ise vegan ve vejetaryen gıdaların üretim değeri 2019-2020 yılları arasında %37 artarak 374,9 milyon €'ya yükselmiştir (Stremmel, ve diğ., 2022).

Hayvan refahı konusundaki endişeler, hayvanlara yapılan muamelenin haksız olduğu inancı ve artan çevre bilinci vegan beslenmenin artışının temel nedenlerindendir. Hayvansal kaynaklı ürünlerin üretimi sırasında önemli miktarda su israfı ve su kirliliği oluşmaktadır. Bununla birlikte karbon ayak izinde de artış meydana gelmektedir. Artan çevre bilinciyle birlikte tüketiciler çevre ile ilgili konularda endişe duymaktadır ve birçok kişi hayvansal kaynak tüketimini azaltarak çevreyi koruyabileceği anlayışını benimsemektedir. Tüm bu sebepler değerlendirildiğinde tüketicilerin bir kısmı sektörden hayvansal kaynak içermeyen ürünler talep etmektedir.

Vegan ve vejetaryen beslenme tarzında hayvansal kaynaklı ürünler yerine ağırlıklı olarak bitkisel kaynaklı gıdaların tüketimine odaklanılmakta; özellikle protein kaynağı olarak bitkisel kaynaklar tercih edilmektedir. Vejetaryen beslenme anlayışında sadece et ürünleri tüketilmezken; süt ürünleri, bal, yumurta gibi ürünler tüketilebilmektedir. Vegan beslenmede ise hayvansal kaynaklı ürünlerin hiçbiri tüketilmezken; meyve-sebze, tahıllar ve baklagiller tüketilebilen besin grupları olarak öne çıkmaktadır (Escobar-Sáez ve diğ., 2022).

Vegan ve vejetaryen beslenme anlayışı incelendiğinde en büyük zorluk yeterli miktarda ve kalitede protein alımıyla alakalıdır. Bitkisel kaynaklardaki protein miktarı hayvansal kaynaklara göre sınırlıdır. Hayvansal protein kaynakları yüksek ve kaliteli proteinler içermekte; fakat fazla tüketilmesi durumunda kolesterol ve bazı kardiyovasküler hastalıklar açısından risk oluşturmaktadır. Diğer bir yandan laktoz

intoleransı ve yumurta tüketimine bağı olarak hassas bireylerde gözlenebilen alerjik reaaaksiyonlar hayvansal kaynakların tüketimi ile ilgili endişelere sebep olmaktadır. Günümüzde bireylerin sağlıklı beslenme trendine ayak uydurmasıyla birlikte bitkisel kaynaklı beslenmeye yönelimde bir artış söz konudur.

Baklagiller bitkisel protein bakımından en zengin besin grupları arasında yer almaktadır; bu yüzden vegan beslenmede önemli bir yere sahiptir. Hayvansal proteinlere göre daha ucuz ve erişilebilir olmaları, sürdürülebilir üretim açısından avantaj sağlamaları ve protein içeriğinin yüksek olması baklagillere olan ilginin artmasına sebep olmuştur. Baklagil proteinleri yağ ve su tutma, emülsiyon ve köpük oluşturma ve stabilize etme, jelleşme gibi fonksiyonel özellikleri nedeniyle çeşitli gıda uygulamalarında kullanılmaktadır (Patrascu, 2019).

Nohut ülkemizde üretimi ve tüketimi olan önemli bir baklagildir. Besin içeriği incelendiğinde iyi bir protein ve karbonhidrat kaynağı olduğu görülmektedir. Diğer baklagillere göre tadı daha nötr olduğu için inovatif vegan ürünlerde sık sık kullanılan bir hammaddedir.

1.2.2. Nohut

Baklagil tohumları, besleyici özellikleri, düşük maliyeti ve kolay depolanması nedeniyle eski çağlardan beri insan beslenmesindeki ana gıdalardandır. Baklagiller bitkisel protein kaynağı olarak insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Baklagiller, dünya tarım ticaretinde önemli bir yere sahip olmakla birlikte; sağlık üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle Birleşmiş Milletler Dünya Sağlık Örgütü, obezite, diyabet, kalp hastalığı ve kanser gibi bulaşıcı olmayan hastalıkları önlemek ve kontrol altına almak için beslenmenin önemli bir parçası olarak bakliyat tüketimini önermektedir (Xipsiti ve diğ., 2017).

Nohut (*Cicer arietinum* L.), yaygın olarak tüketilen baklagillerden biridir. Desi ve Kabuli olmak üzere iki çeşidi bulunmaktadır. Kabuli tipi daha büyük, daha açık renkli ve daha yuvarlak yapıdadır (Martinez ve Meija, 2021). Desi ve kabuli tipi nohutların besin öğleri kompozisyonu Çizelge 1.1’de gösterilmektedir. Ayrıca nohut; diyet lifi, vitaminler, mineraller bakımından zengindir. Nohut proteini lisin ve arginin açısından zengindir, ancak kükürt içeren metiyonin ve sistein amino asitleri bakımından yetersizdir (Iqbal ve diğ. 2006).

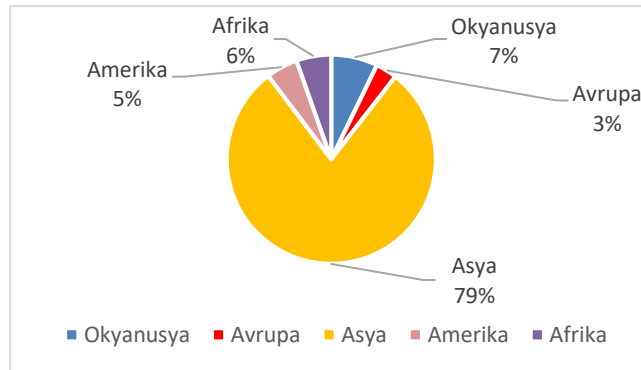
Çizelge 1.1: Farklı nohut tiplerinin besin öğeleri kompozisyonu (Xiao ve diğ., 2022).

Bileşen (%)	Kabuli Tipi	Desi Tipi
Protein	19.79	19.82
Nişasta	36,21	31,83
Yağ	8.39	6.35
Kül	2,66	2,56
Nem	7,66	7,64

Nohut, insan sağlığı üzerinde potansiyel faydaları olan fonksiyonel bir gıda olarak son yıllarda büyük bir ilgi görmektedir. Nispeten düşük maliyetli olan nohut, fitosteroller, saponinler ve oligosakkaritler gibi çeşitli biyoaktif bileşikler de içermektedir. Nohut birçok biyolojik aktiviteye sahiptir ve glisemik indeksi düşürme, hiperlipidemi, osteoporoz ve kardiyovasküler hastalıklar gibi birçok hastalığın üzerindeki olumlu etkisi yapılan klinik çalışmalar sonucunda ortaya çıkmıştır (Wang, ve diğ., 2021).

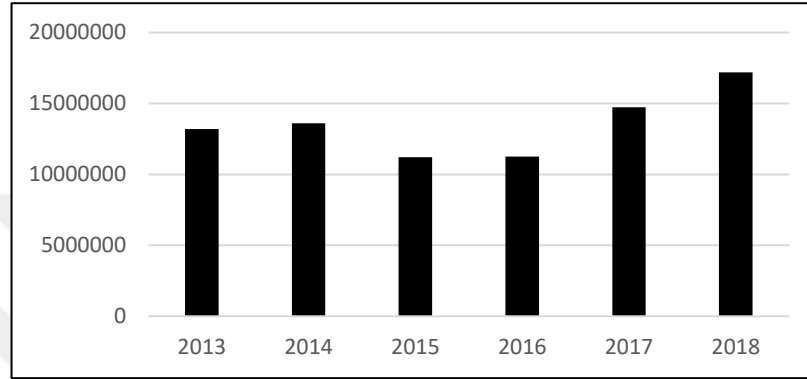
Nohudun yüksek protein ve lif içeriği iştahın kontrolünü sağlamaya ve öğünlerde kalori alımını azaltmaya yardımcı olur. Ayrıca, lif açısından zengin bakliyat ağırlıklı diyetlerde diyet lifin obez deneklerin toplam plazma kolesterol seviyesini düşürdüğü sonucuna ulaşılmıştır (Crujeiras ve diğ., 2007).

Tip 2 diyabetin tedavi edilebilmesi için ince bağırsaktaki glikoz emiliminin azaltılması gerekir. Bunu başarabilmek için glisemik indeksi düşük gıdalar tüketilmesi tavsiye edilmektedir. Emilim hızının azalmasıyla birlikte yemek yedikten sonra artan insülin hormonunun artış hızı azaltılmış olur. Nohut, fasulye ve mercimek unlarının incelendiği bir çalışmada kolona ulaşan sindirilmemiş karbonhidratların miktarının arttığı gözlemlenmiştir. Çalışmada kullanılan bakliyat unlarının glisemik indeksi düşürdüğü ve bu yüzden ince bağırsakta emilimi azalttığı sonucu çıkarılmıştır. (Martinez ve Meija, 2021).

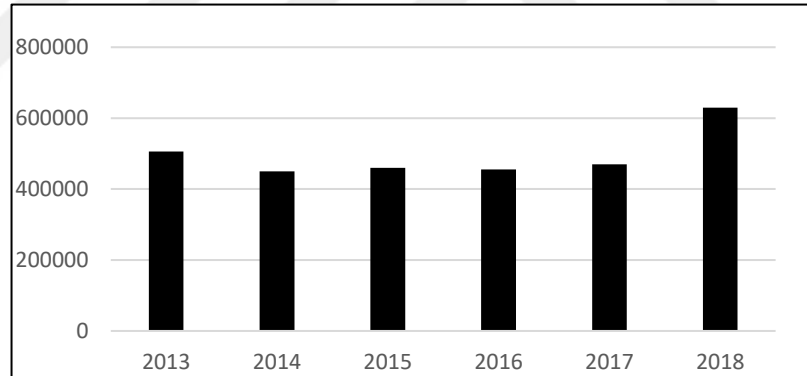


Şekil 1.1: Dünya’da nohut üretiminin bölgesel olarak dağılımı

Nohut tüm dünyada yaklaşık 57 ülkede çeşitli çevresel koşullar altında yetiştirilmektedir. Güney ve Güneydoğu Asya bölgeleri nohut üretiminin yaklaşık %80'ine hakimdir (Şekil 1.1). Türkiye'de en çok üretilen bakliyat nohuttur. Üretimdeki artışa bağlı olarak Türkiye nohut ihracatçısı konumuna gelmiştir. Şekil 1.2 ve 1.3'te Dünyadaki ve Türkiye'deki nohut üretimi ile ilgili veriler gösterilmektedir. Türkiye'de 2018 yılında 630 000 ton nohut üretilirken, Dünya'da 17 000 000 ton civarında nohut üretilmiştir.



Şekil 1.2: Dünya'da yıllara göre nohut üretimi (Faostat, 2019)



Şekil 1.3: Türkiye'de yıllara göre nohut üretimi (Faostat, 2019)

1.2.2.1. Nohudun işlenmesi

Nohut birçok özelliği sebebiyle son yıllarda popülerliği artan bir gıdadır. Besleyici olması, nispeten ucuz ve iyi bir bitkisel protein kaynağı olması popülerleşmesinin öncelikli sebeplerinden sadece birkaçıdır. Nohut Türkiye'de çoğunlukla geleneksel mutfakların bir parçası olarak tüketilse de; yeni yeni alanlarda kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır.

Nohut genellikle işlenmeden önce suda bekletilmektedir. Suda bekletilme sırasında hem taneler su alarak şişip yumuşamakta; hem de istenmeyen fitik asit ve tanninler gibi antinutrisyonel öğelerde azalma gözlemlenmektedir. Fitik asit ve tanninler

yapıdaki mineralleri bağlamakta; bu da doğrudan mineral ve protein biyoyararlılığını etkilemektedir (Desalegn, 2015). Bazı çalışmalara göre bekletilen suyun sıcaklığı arttıkça bekletme süresi azalmaktadır; fakat bu sıcaklık 55 °C'yi aştığı durumlarda nişastanın jelleşebilme olasılığı göz önüne alınması gereken bir faktör olarak belirtilmektedir (Costa ve Gândara, 2018).

Nohudun ülkemizde genellikle haşlanıp konserve şeklinde tüketiciye sunulması, nohut ununa işlenip farklı ürünlere ilave edilmesi ya da kavru olarak leblebi üretiminde kullanılması söz konusudur. Nohut unu üretiminde ve kavurma işlemi sırasında ısıtma işlemi uygulanarak ürün istenilen şekilde işlenir. Haşlama işlemi sırasında ise nohutlar suyla birlikte ısıtma işlemi görür. Haşlama işlemi bitiminde kalan sıvı kısma aquafaba denilmektedir. Isıtma işlemi sırasında nohutlardan suya protein, vitamin, mineral, karbonhidrat gibi bazı bileşenler geçmektedir. Bu bileşenler sayesinde haşlama suyu köpük oluşturma, emülsiyon oluşturma gibi fonksiyonel özellikler kazanmaktadır. Atık olarak nitelendirilen aquafabaya olan ilgi tüketicilerin son yıllarda değişen beslenme anlayışıyla birlikte artmaktadır. Nohudun işlenmesi sırasında ortaya çıkan bu atık son yıllarda üzerine oldukça çok çalışılan bir konu haline gelmiştir.

1.2.3. Aquafaba

Aquafaba sözcüğü Latince'deki su (*Aqua*) ve baklagil (*faba*) kelimelerinin birleşiminden oluşur. Şekil 1.4'te görülen aquafaba nohudun haşlanması sonucunda elde edilen viskoz sıvıyı ifade eden bir kavramdır (Buhl ve Hammershøj, 2019). Aquafaba günümüzde vegan ürünler geliştirilirken yumurta alternatifi olarak kullanıma potansiyeli olan bir hammaddedir.



Şekil 1.4: Aquafaba

Aquafabanın köpürme özelliği ilk defa vegan müzisyen Joël Roessel tarafından 2015 yılında fark edilmiştir. Kendi tüketebileceği alternatifler ararken aquafabanın köpük oluşturma özelliğini keşfetmiş ve çikolatalı mousse tarifinde uygulamıştır. Bu tarifi başarılı olması üzerine internet üzerinde bir paylaşım yaparak diğer bireylerin ilgisini çekmeyi başarmıştır. Bu çalışma aquafabanın vegan ürünlerde kullanımının ilk örneğidir. Aquafaba o yıllardan beri hala popülerliğini koruyan, üzerinde çalışılan bir ham madde olma özelliğini korumaktadır (He ve diğ., 2021a). Aquafaba en çok humus, dondurulmuş ve haşlanıp konserve edilen nohut üretimi sırasında ortaya çıkan bir yan üründür.

Aquafabanın kimyasal bileşimi incelendiğinde %92-95 su, %5-8 arasında ise kuru madde içerdiği görülmektedir. Yapısında karbonhidrat, düşük molekül ağırlıklı proteinler (0,7–1,5 g/100 g), saponinler (4,5–14 mg/g), kül (0,4–0,8 g/100), fenolik bileşikler (0,3–0,7 mg/g) ve Maillard reaksiyonu sonucunda oluşan bazı ürünler bulunur (He ve diğ., 2021b). Çizelge 1.2’de işlenmiş ve işlenmemiş nohudun kimyasal bileşimi aquafaba ile karşılaştırılmaktadır.

Çizelge 1.2: İşlenmemiş nohut, pişmiş nohut ve aquafabanın kimyasal bileşimi (g/100g) (Mustafa ve Reaney, 2019).

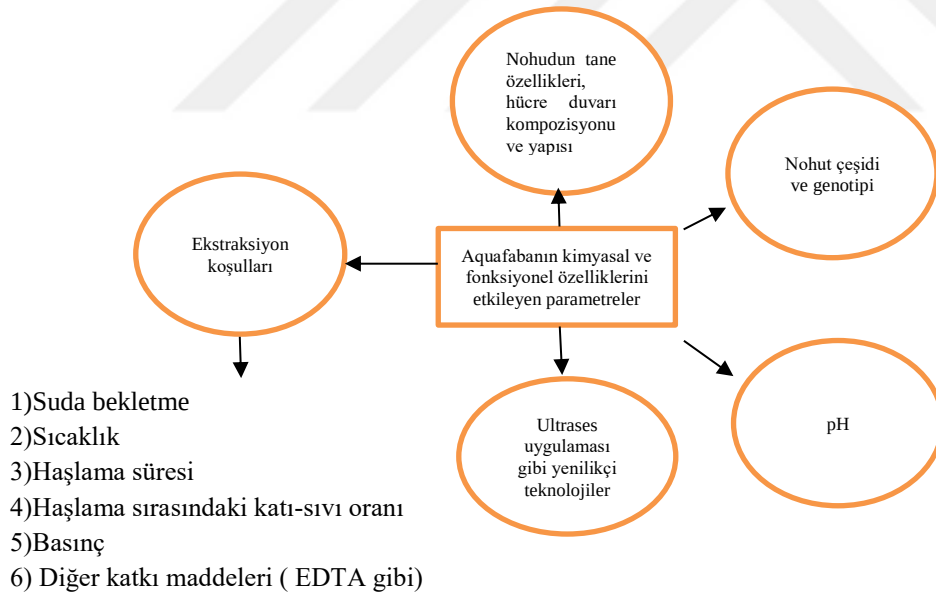
Bileşen	İşlenmemiş nohut	Pişmiş nohut	Aquafaba
Nem	7-7,8	67-70	92-95
Protein	19-27	6,1-7,7	0,9-1,5
Toplam karbonhidrat	52-71	62	-
Çözünmeyen lif	10-18	5,8-15,4	2,4
Suda çözünür karbonhidrat	1-8	0,41	1,2
Nişasta	30-56	13,5	<
Yağ	2-7	2,6	<
Kül	1,8-3,5	1,3	0,6
Saponin (mg/g)	0,7-0,9	0,7-0,7	4,5-30
Toplam fenolik bileşik (mg/g)	0,72-6,1	1,4	0,6

-Algılanmadı; < belirlenebilecek limitlerin altında

Haşlama işlemi sırasında nohuttan sıvıya geçen proteinler ve karbonhidratlar sayesinde aquafaba köpük ve emülsiyon oluşturma, jelleşme gibi fonksiyonel özellikler kazanmaktadır. Aquafabanın yapısında bulunan proteinler yüzey aktif ve köpük oluşturma özelliği sağlamaktadır. Proteinlerin yapısında hem hidrofilik hem de hidrofobik gruplar bulunur. Bu iki farklı özellikteki grubun yapısında bulunmasıyla

bir ucuna su fazı bağlanırken diğer ucuna yağ fazı bağlanmakta ve emülsiyon yapı oluşmaktadır. Bu nedenle aquafabanın içeriğinde bulunan protein miktarı ne kadar artarsa köpük ve emülsiyon oluşturma ve stabilize etme özellikleri de iyileşmektedir. Jelleşme ise aquafabanın yapısında bulunan karbonhidrat ve lif içeriği ile ilgilidir. Aquafaba %2,3 civarında selüloz ve pektin gibi çözünmeyen lifler içerir. Bu lifler aquafabanın kullanıldığı üründe viskozite sağlar. Karbonhidrat ve lif içeriği ne kadar artarsa son üründe jelleşme ve kıvam verme özelliği de iyileşmektedir (Alsaman ve diğ., 2021). Bazı çalışmalarda karbonhidratların fonksiyonelliğini ve sindirilebilirliğini arttırmak için yüksek basınç kullanılmış ve sonuç olarak bu teknolojinin uygulanmasıyla sindirilebilirliğin ve nişastanın kristal yapısında artış gözlemlenmiştir (Alsaman ve diğ., 2020).

Uygulanan proses koşullarına ve kullanılan ham maddeye göre aquafabanın bileşimi değişmektedir. Aquafabanın bileşimini etkileyen faktörler arasında katı-sıvı oranı, pH, süre, sıcaklık, basınç ve kullanılan nohut türü gibi parametreler sıralanmaktadır. Aquafabanın özelliklerini etkileyen parametreler Şekil 1.5'te gösterilmiştir.



Şekil 1.5: Aquafabanın kimyasal ve fonksiyonel özelliklerini etkileyen parametreler (He ve diğ., 2021a)

Şekil 1.5'te bahsedilen parametrelerin değişmesi ile birlikte aquafabanın yapısı ve özellikleri etkilenmektedir. Örneğin aquafabanın pH değeri 6 civarındadır. Daha düşük pH'da, proteinin net yüzey yükü artmakta, bu da protein molekülleri arasındaki hidrofobik etkileşimleri zayıflatarak, protein esnekliğini artırmakta ve çözelti yüzey

gerilimini azaltmaktadır. Bu değişiklikler köpük, emülsiyon oluşturma ve stabilize etme özelliklerinde iyileşmeye yol açmaktadır.

Lafarga ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada köpük oluşturma ve emülsiyon özelliklerini geliştirebilmek için pH değeri ve katı-sıvı oranı optimize edilmiş, optimize edilen aquafaba ile mereng ve mayonez yapılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde hem katı-sıvı oranının hem de pH'nın aquafabanın fonksiyonel özellikleri üzerinde önemli etkisi olduğu gözlemlenmiştir (Lafarga ve diğ., 2019). Diğer bir çalışmada ise katı-sıvı oranı ve pişirme süresinin etkisi incelenmiştir. Bu çalışmada katı-sıvı oranının 2:3, pişirme süresinin 60 dk olduğu şartlar optimum şartlar olarak belirtilmiştir.

Günümüzde aquafabanın ticari olarak üretimi söz konusu değildir; ticari olarak üretim yapılabilmesi için yukarıda bahsedilen parametrelerin etkisi araştırılıp çeşitli karakteristik özellikler açısından en uygun aquafaba üretimine olanak sağlayan optimum koşullar üzerine çalışılması gerekmektedir.

Literatürdeki araştırmalar incelendiğinde çalışmaların büyük bir çoğunluğunda aquafaba konservelenmiş üründen hazır olarak kullanılmıştır. Aquafabanın optimize edildiği çalışmalar az sayıdadır (Alsalman ve diğ., 2020). Aquafabanın optimizasyonu üzerinde çalışmak aquafabanın kullanılacağı son ürünün dokusal özellikleri ve ağız hissini nasıl etkileyeceğini gözlemlemeyi de sağlamaktadır (Alsalman ve diğ., 2020). Çalışmalarda konserve ürünlerdeki aquafabanın kullanılmasının sebebi içeriğindeki su miktarı nedeniyle mikrobiyal gelişime açık olmasıdır. Çalışmalarda yapılacak analizler hızlı bir şekilde yapılmalıdır. Hem bu probleme çözüm olarak hem de endüstriyel ölçekli kullanımını artırabilmek için kurutulup toz haline getirilmesi mümkündür. Böylece taşıma maliyeti azalırken aynı zamanda daha stabil bir ürün elde etmek de mümkündür (He, ve diğ., 2021b).

Aquafaba ilk çıktığından beri deneysel olarak birçok ürün formülasyonunda kullanılmıştır. Çoğu çalışmada yumurta alternatifi olarak vegan beslenmeye uygun ürünlerin geliştirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Buhl ve Hammershøj, 2019). Aquafabanın yumurtasız mayonez, mousse, mereng, dondurma, emülsifiye soslar, kokteyller ve fırıncılık ürünlerinde kullanılabilme potansiyeli yüksektir. Çorba ve keklerde emülsiyon, ekmek ve dondurmada su tutma kapasitesi ve tatlılarda yağ tutma kapasitesi sağlaması amacıyla bu tip ürünlerde aquafaba kullanılmaktadır. Literatürdeki güncel çalışmaların bir kısmı Çizelge 1.3'te özetlenmiştir.

Çizelge 1.3: Aquafabanın son yıllarda kullanıldığı çalışmalar.

Aquafabanın Üretim Koşulları	Uygulandığı Ürün	Bulgular	Referans
pH 3,5, 5, 6,5, katı-sıvı oranı 1:3,25, 1:5	Mereng ve mayonez	Yanıt-Yüzey Metodolojisi kullanılarak optimizasyon yapılmıştır. Optimize edilen aquafaba örneği ile mereng ve mayonez üretilmiştir.	(Lafarga ve diğ. 2019)
Katı-sıvı oranı 1:3 olacak şekilde aquafaba üretilmiş ve ultra ses uygulanmıştır.	Mereng	Aquafaba üretildikten sonra ultra ses cihazı %50 ve %100 güçte olacak şekilde 10, 20 ve 30 dk uygulanmıştır. Ultra ses uygulanan örneklerle mereng yapılıp analiz sonuçları değerlendirilmiştir.	(Meuer, ve diğ. 2020)
Haşlama süresi 15, 30, 45 ve 60 dk; katı-sıvı oranı 1:4, 1:2 ve 2:3 olacak şekilde aquafaba üretilmiştir.	-	Yanıt-Yüzey Metodolojisi kullanılarak aquafabanın üretim koşulları reolojik ve termal özellikleri baz alınarak optimize edilmiştir.	(Alsalman, ve diğ. 2020A)
Aquafaba örnekleri Farklı markalı konserve ürünlerden toplanmıştır.	-	Konserve ürünlerden elde edilen aquafaba yumurta beyazı tozu ile karşılaştırılmıştır.	(Buhl, ve diğ. 2019)
Aquafaba 10 farklı marka konserve nohuttan elde edilmiştir.	Kek	Konserve ürünlerden toplanan aquafabalar ile yumurtasız kek yapılmış ve kontrol örnekle karşılaştırılmıştır.	(Mustafa, ve diğ. 2018)
Aquafaba; 1:5 katı-sıvı oranında, 100°C'de 30 dk boyunca nohutların haşlanması ile elde edilmiştir.	-	Karboksimetil selüloz, sodyum alijinat, polidekstroz, peynir altı suyu tozu gibi köpük oluşturma ajanları ile Yanıt-Yüzey Metodolojisi kullanılarak köpük özellikleri optimize edilmiştir. Farklı kurutma sıcaklıklarının (50, 60, 70°C) aquafabanın fizikokimyasal özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir.	(Aslan, ve diğ.2021)
Aquafaba; 1:2 katı-sıvı oranında, 115°C'de 30 dk boyunca nohutların haşlanması ile üretilmiştir.	-	Yüksek basınç uygulanarak aquafabadaki proteinlerin emülsiyon oluşturma özellikleri ve termal özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir.	(Alsalman ve Ramaswamy, 2021A)
Nohutlar 75 kPa basınçta ve 116 °C'de 20,30 ve 60 dk haşlanarak aquafaba üretilmiştir.	Mayonez	Nohudun bekletildiği suyun sıcaklığı, bekletilme süresi ve pişirme süresi optimize edilmiş ve üretilen aquafabalar mayonezde kullanılmıştır.	(He, ve diğ., 2021)
Aquafaba toz halinde bir firmadan temin edilmiştir.	Bitkisel kaynaklı yoğurt	Yulaf bazlı yoğurt üretiminde aquafaba tozu jelleşme ajanı olarak kullanılmıştır. Yoğurtta sineresisi azalttığı gözlenmiştir.	(Raikos, ve diğ., 2020)
Aquafaba konserve nohut ürünlerinden toplanmıştır.	Mayonez	Aquafaba kullanılan mayonez formülasyonu optimize edilmiş ve üretilen ürünün stabilitesi üzerinde çalışılmıştır.	(Raikos ve diğ., 2020)
Aquafaba 1:1,5 katı-sıvı oranında 90 dk boyunca nohutların haşlanması ile üretilmiştir.	Mereng	Guar gum ve laktik asit ilavesi ile aquafabanın fonksiyonel özellikleri iyileştirilmiş ve yumurta beyazıyla karşılaştırılmıştır.	(Tufaro ve diğ., 2023)
Aquafaba nohutların 1:2 katı-sıvı oranı, yüksek basınç altında ve 115-118 °C sıcaklıkta 30 dk süreyle haşlanmasıyla üretilmiştir.	-	Üretilen aquafaba yüksek fazda kanola yağı içeren emülsiyonların homojeniasyonunda yardımcı bir ajan olarak kullanılmıştır. Örneklerin reolojik, mikroskobik ve damlacık boyutu özellikleri incelenmiştir.	(Grossi Bovi Karatay ve diğ., 2022)

1.2.4. Mayonez

Mayonez düşük pH değerlerinde hazırlanan, yağ içeriği yüksek, genellikle yumurta sarısı ile stabilize edilen yarı-katı bir sostur (Akhtar ve Masoodi, 2022). Genellikle salatalarda, sandviç ve hamburger gibi ürünlerde lezzet ve doku katmak için yaygın olarak kullanılır. Geleneksel mayonez formülasyonunun %70-80'ini bitkisel yağ

oluştururken; diğer bileşenler yumurta sarısı, tuz, şeker, sirke ve isteğe bağlı olarak baharattan oluşmaktadır. Mayonez koloidal yapıda bir sistemdir. Yağ damlacıkları sulu fazın içinde yumurta sarısıyla birlikte sağlanan emülsiyonla dağılır. Yumurta sarısında bulunan fosfoproteinler ve düşük yoğunluklu lipoproteinler sayesinde yağ su fazı içinde mikropartiküler düzeyde dağılır ve emülsiyon raf ömrü boyunca korunur.

Mayonez ticari olarak ilk defa 1900'lü yıllarda emülsifiye edilmiş kremi sos olarak tanıtılmıştır ve piyasaya bu şekilde sunulmuştur. Çizelge 1.4'te Giacintucci ve arkadaşlarının (2016) çalışmasında kullandığı formülasyon örneği gösterilmektedir.

Çizelge 1.4: Mayonez Formülasyonu (Giacintucci ve diğ., 2016).

Bileşen	% Kuru bazda
Yağ	80
Yumurta sarısı	7,5
Sirke	3,5
Su	7,5
Tuz	1
Şeker	0,5

1.2.4.1 Mayonez bileşenleri

Yağ

Yağ mayonezde en yüksek oranda bulunan bileşendir. Mayonezin viskozitesi, istenilen ağız hissini, aromayı ve görünümünü doğrudan etkiler. Ayçiçek yağı, kanola yağı, zeytin yağı ve soya yağı mayonez yapımında kullanılan yağlardır. Mayonezde kullanılan yağın türüne göre ürünün yapısı değişmektedir (Andersson, 2015).

Yumurta

Yumurta mayonezde su fazı içerisindeki yağ damlacıklarının stabil bir şekilde kalmasını sağlamakta, emülsiyon oluşturmakta ve duyuşal olarak mayonezi geliştirmektedir. Mayonezin soluk, hafif sarımsı rengi yumurta sarısından gelmektedir (Li ve diğ., 2022). Yumurta sarısında emülsiyonu sağlayan bileşenler lipoproteinler ve fosfolipitlerdir (da Silva ve diğ., 2021).

Son yıllarda özellikle artan sağlık problemleri ve insanların sağlıklı beslenme trendine uyması sebebiyle yumurta tüketimi konusunda bazı endişeler ortaya çıkmaktadır. Yumurtadaki en büyük problem kolesterol içeriğidir. Diğer bir problem ise bazı bireylerde özellikle çocuklarda ve gençlerde yumurtanın alerjen etki göstermesidir (He

ve diğ., 2019). Bu da hassas bireylerde yumurta tüketimiyle ilgili endişeler oluşmasına sebep olmaktadır.

Mikrobiyal açıdan incelendiğinde ise yumurtada *Salmonella enteritidis* kontaminasyonu riski vardır. Endüstriyel üretim yapılırken yumurta pastörize veya kurutularak toz haline getirilmiş formuyla kullanılır, bu şekilde kullanılarak kontaminasyon riski en aza indirgenmiş olur (Lu ve diğ., 2021). Mayonez asidik bir ürün olduğu için sorun teşkil etmezken; salata, soğuk sandviç benzeri ısıl işlem görmemiş gıda gruplarında diğer malzemelerin etkisiyle birlikte ortamın pH değeri yükselmekte; bu da mikrobiyal gelişime zemin hazırlamaktadır (Ozdemir ve diğ., 2021).

Yapılan güncel tarihli bir çalışmada mayonez formülasyonuna yumurta sarısı ikamesi olarak %25,%50,%75 ve % 100 olacak şekilde aquafaba ilave edilmiştir. Sonuç olarak yumurta sarısı yerine aquafaba kullanıldığında mayonezin viskoelastik yapısının değiştiği gözlemlenmiştir. Formülasyona %50'ye kadar olan aquafaba ilavesinde stabilite ve damlacık boyutunda önemli bir fark görülmezken; %50'den fazla olan ilavelerde stabilitenin azaldığı ve damlacık boyutunun arttığı belirtilmiştir (Ozcan ve diğ., 2023)

Sirke

Yüksek asitliğe sahip sirke ortamın pH değerini düşürmesi sebebiyle doğal koruyucu görevi görmektedir. Buna ek olarak mayonezin aromasını geliştirmeyi sağlar. Ayrıca pH düştüğü zaman proteinlerde net yüzey yükü artar ve bu da emülsiyon kapasitesini artırmaktadır. Sirkenin tada etkisinin yanı sıra emülsiyon oluşumunu destekleme görevi de bulunmaktadır.

Tuz ve şeker

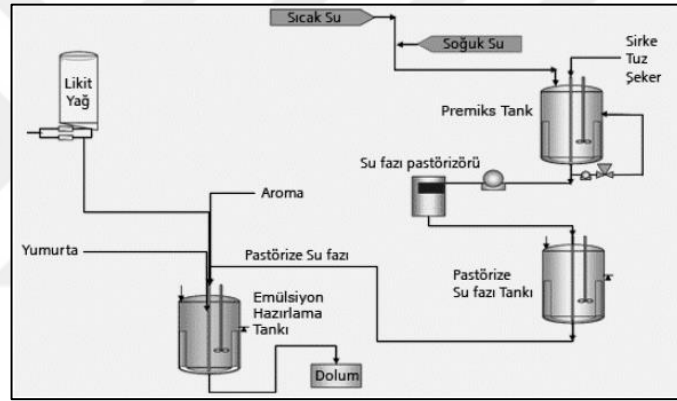
Tuz ve şeker mayonezi lezzetlendirmek ve ağız hissini iyileştirmek için ilave edilmektedir. Bunlara ek olarak mayonezin su aktivitesini düşürerek mikrobiyal gelişimi yavaşlatıcı etkileri de bulunmaktadır.

1.2.4.2. Endüstriyel mayonez üretimi

Endüstriyel mayonez üretimi sırasında önce yağ ile su fazı içeren bileşenler karıştırılır. Daha sonrasında yumurta sarısı ilave edilerek yüksek devirde hızlı karıştırma yapılır. Bu karışım kolloid değirmeninden geçirilerek son ürün elde edilir. Mayonezin kalitesini etkileyen en önemli parametreler peroksidaz değeri, çözünmüş oksijen, nem

miktarı ve damlacık boyutudur. Damlacık boyutu son ürünün tadını, dokusunu, görünümünü, emülsiyon stabilitesini ve ağız hissini doğrudan etkilemektedir (Mishra ve diğ., 2022). Yapısında bulunan yüksek miktardaki yağ sebebiyle oluşabilecek oksidasyon, stabilite kayıpları, mikrobiyal gelişim sebebiyle duysal açıdan olumsuzluklara neden olmaktadır. Endüstriyel ölçekli mayonez üretiminde yumurtanın pastörize şekilde kullanımı ve sirke gibi asitliği yüksek bileşenler sayesinde patojen mikroorganizma gelişimi en aza indirgenmektedir.

Mayonezin depolama süresi, kullanılan asit, pH değeri, sıcaklık mayonezin stabilitesini etkileyen en önemli parametrelerdir. Endüstriyel üretimde sodyum benzoat, potasyum sorbat, sorbik asit gibi koruyucular kullanılarak ürünün raf ömrü artırılmaktadır (Faezeh ve diğ., 2022). Şekil 1.6’da endüstriyel mayonez üretim prosesi şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 1.6: Mayonez üretim prosesi şeması (Koçak, 2006)

1.2.4.2.1. Mayonezde oluşabilecek kalite problemleri

Mayonezde görülen kalite problemleri 3 alanda incelenebilir.

- Emülsiyon yapısının bozulması: Emülsiyon termodinamik açıdan stabil bir sistem değildir. Sıcaklığın değişmesiyle ya da farklı çevresel faktörlerin etkisiyle emülsiyon yapıda çeşitli değişiklikler meydana gelerek bozulmalar gözlemlenmektedir.
- Oksidasyon: Yağ mayonez formülasyonunda yüzdece en yüksek oranda bulunan bileşendir. Uygun şartlarda depolanmadığı durumlarda yağlarda oksidasyon reaksiyonu gerçekleşmektedir. Ürünün kalitesinin düşmesine sebep olan bu reaksiyon tat ve aromanın bozulmasına sebep olmaktadır.
- Mikrobiyal bozulma: Üretim sırasında gerekli hijyen koşullarının sağlanmaması, ham maddeden kaynaklı kontaminasyon ya da ürün tüketilmeye

başladıktan sonra uygun şartlarda depolanmaması sonucu mikrobiyal bozulma görülebilmektedir (Koçak, 2006).

1.2.4.3. Bitkisel kaynaklı mayonez

Son yıllarda sağlıkla ilgili yaşanan endişeler ve vegan beslenme şeklini benimseyen bireylerin sayısındaki artış bitkisel kaynaklı mayonez üretilebilir mi sorusunu akıllara getirmiştir. Fakat buradaki en büyük problem yumurtanın raf ömrü boyunca sağladığı stabil emülsiyonu sağlayabilmektir. Emülsiyonlar incelendiğinde termodinamik olarak stabil olmayan sistemlerdir fakat ürüne uygun emülsifiye edici bileşen kullanıldığı zaman raf ömrü boyunca emülsiyonu korumak mümkündür. Bu anlamda yumurta iyi bir emülgatördür. Buna alternatif olarak kullanılabilecek ürünün en az yumurta kadar iyi bir emülsiyon sağlaması gerekmektedir (He, ve diğ., 2021b).

Son yıllarda mayonez ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde özellikle yağ azaltma çalışmaları, bitkisel kaynaklı mayonez formülasyonu geliştirme ve fonksiyonel mayonez geliştirme çabaları mevcuttur. Bitkisel kaynaklı mayonez, yumurtaya alerjisi olan bireylere alternatif olmasının yanı sıra vegan beslenen bireylerin de tüketebileceği bir üründür. Bitkisel kaynaklı mayonez olarak hem sadece nişasta kullanılarak mayonez üretimi yapılmakta; hem de popüler bir konu olan aquafabanın kullanılarak üretildiği mayonezler de geliştirilebilmektedir.

Farklı antioksidan özelliklerine sahip yağ alternatiflerinin mayoneze uygulandığı güncel bir çalışmada emülgatör olarak aquafaba kullanılmış ve aquafabanın antioksidan içeren yağ asitleriyle birlikte kullanılmaya uygun bir emülgatör olduğu sonucuna ulaşılmıştır (de Menezes ve diğ., 2022). Włodarczyk ve arkadaşlarının yaptığı ve aquafabanın emülgatör olarak kullanıldığı diğer bir çalışmada ayçiçek yağı, keten tohumu yağı ve kanola yağı gibi soğuk sıkım yağlar kullanılarak mayonez üretilmiş; antioksidan ve fizikokimyasal özellikleri incelenmiştir. Bu çalışmada kapsamında yüksek antioksidan içeren yumurta içermeyen formülasyonlarda kullanımı uygun bulunmuş olup; antioksidan özelliği yüksek yağların kullanımı bitkisel kaynaklı mayonezlerin raf ömrünü arttırmıştır (Włodarczyk ve diğ., 2022).

Aquafabanın özellikleri göz önüne alındığında yapısında bulunan, haşlama işlemi sırasında suya geçen proteinler sayesinde iyi bir emülsiyon sağlamaktadır. Yumurta ile elde edilen yapı sadece aquafaba kullanılarak sağlanamasa da çeşitli bileşenlerin kullanımı ile standart mayoneze alternatif bitkisel kaynaklı mayonez üretmek mümkündür. Gam, nişasta, lif vb. ham maddeler kullanılarak istenilen yapı elde

edilmektedir. Yumurtadan gelen sarımsı renk için de renklendirici ilavesi ile görünüş olarak da ürünü standart mayoneze yaklaştırmak mümkündür.

1.2.5. Yanıt-Yüzey Metodolojisi (YYM)

Yanıt-Yüzey Metodolojisi (YYM), optimal yanıtın birkaç farklı değişkenden etkilendiği problemleri modellemek ve analiz etmek için kullanılan matematiksel ve istatistiksel yöntemlerden biridir. Bu yöntemin teknik ve mühendislik bilimlerinde uygulanmasının amacı optimum üretim koşullarına ulaşmak, maliyeti düşürmek, deney sayısını azaltmak ve performansı artırmak için optimum değişken seviyelerini bulmaktır (Nazarpour ve diğ., 2022). Deney tasarımı oluşturmak, tahmin etmek ve optimize etmek için oldukça iyi bir araçtır. Belirlenen faktörler ile uygun deney tasarımını hızlıca oluşturmayı sağlar.

1.3. Hipotez

Tezin ilk kısmında farklı proses şartlarında YYM ile oluşturulan deney tasarımına göre aquafaba örnekleri üretilmiş ve fonksiyonel özellikleri ile ilgili analizler yapılmıştır. Ardından optimizasyon çalışması yapılarak çeşitli karakteristik özellikler açısından en uygun aquafaba üretimine olanak sağlayan optimum proses koşulları belirlenmiştir. Tezin ikinci kısmında ise optimize edilen şartlarla üretilen aquafaba ile bitkisel kaynaklı bir mayonez üretilmiştir. Üretilen aquafabalı mayonez ticari ürünler ile karşılaştırılmıştır.

Son yıllarda vegan beslenmeyi benimseyen bireylerin artışıyla birlikte vegan ürünlerin geliştirilmesi yönünde yapılan çalışmalarda bir artış gözlenmektedir. Sektörde birçok vegan ürün görülmektedir. Ticari olarak üretilen vegan etiketli mayonezlerin içeriği incelendiğinde yapıyı desteklemek için nişasta ve kıvam arttırıcılar kullanılmaktadır. Yumurta sarısı kullanılarak üretilen mayonezlerde yumurta emülsiyonu sağladığı gibi aynı zamanda ürünü protein bakımından da desteklemektedir. Sadece nişasta ve kıvam arttırıcı kullanılarak üretilen mayonezler protein içeriği ve fonksiyonu açısından standart mayoneze göre daha geride kalmaktadır. Mayonez üretimi sırasında aquafabanın kullanılması emülsiyon oluşturmaya destek sağlarken, yapısında bulunan protein ve lifler sayesinde ürüne fonksiyonel özellikler de katmaktadır. Mayonez yapısı gereği sıvı aquafabanın formülasyona kolayca entegre edilebileceği bir üründür. Bu yüzden aquafabanın mayonezde kullanılması ürünün kalite özelliklerini iyileştirmektedir.

Farklı düzeylerde uygulanan pH, katı-sıvı oranı ve süre üretim parametreleri aquafabanın emülsiyon ve köpük oluşturma gibi kalite özelliklerini etkilemektedir. Sonuç olarak bu tezin olumlu sonuçlanması durumunda üretim koşullarının aquafabanın kalitesi üzerindeki etkisi anlaşılacak olup; üretim şartlarının optimize edilmesi ile standart aquafaba üretilmesini mümkün kılacaktır. Aynı zamanda aquafabanın daha yaygın kullanılabilmesine olanak sağlayacaktır. Vegan olmayan bir üründe aquafabanın kullanılması vegan tüketicilerin ilgisini çekecek ve aquafabanın sektörde ticari olarak kullanılma olanağını arttıracaktır.



2. MATERİYAL-METOT

2.1. Materyal

Aquafaba üretiminde Migros markalı, Kabuli tipi nohut kullanılmıştır. Mayonez üretiminde kullanılan ayçiçek yağı (Yudum), elma sirkesi (Kühne), tuz (Billur Tuz) ve şeker (Torku) marketten temin edilmiştir. Kullanılan patates nişastası (Eliane SC 160) ve ksantan gam (Jungbunzlauer) tedarikçiden temin edilmiştir.

2.2. Metot

2.2.1. Ön denemeler

Aquafaba üretim parametrelerini belirlemek için literatür incelendiğinde farklı değerlerin denenmiş olduğu gözlemlenmiştir. Çalışmada kullanılacak parametrelerin belirlenmesi için literatür incelemesinin yanı sıra bazı ön denemeler yapılmıştır.

Bu ön denemelerde 3 parametreyi de değerlendirebilmek amacıyla farklı katı-sıvı oranı, süre ve pH değerleri incelenmiştir. Bu bağlamda 4 farklı aquafaba numunesi üretilmiştir. Ön denemelerdeki proses koşulları Çizelge 5'te gösterilmiştir. Bu denemelerde nohutlar haşlanmadan önce 24 saat boyunca suda bekletilmiştir. Katı-sıvı oranı 0,25 ve 0,75, süre 60 ve 120 dk olmak üzere üç aquafaba numunesi üretilmiştir. Katı-sıvı oranı 0,75 olan örneğe ilave edilen su üretim sırasında 50. dk'da bitmiş olup; bu noktadan sonra nohutlar tencerenin dibine yapışmaya başlamıştır. Buradan çıkarılacak sonuç 0,75 oranı nohutların haşlanması için gerekli olan su miktarından daha az su içermektedir. Bu örnek bu şartlarda üretilemediği için yeni bir proses koşulu belirlenmiş olup; katı-sıvı oranı 0,50 ve süre 60 dk olacak şekilde tekrar üretilmiştir.

Çizelge 2.5: Ön demelerdeki proses koşulları.

Örnek	Katı-sıvı oranı	Süre(dk)
1	0,25	60
2	0,25	120
3	0,75	60
3-2	0,50	60

Şekil 2.7’deki görselde görüldüğü gibi sürenin 2 saat olduğu ve katı-sıvı oranını 0,50 olduğu örneklerde (sırasıyla 2 ve 3-2) ürünün rengi koyudur. Kıvam olarak da 1. örneğe göre daha kıvamlı olup; kokusu daha yoğun ve bilinen aquafabaya benzememektedir.



Şekil 2.7: Ön denemelerde elde edilen aquafaba örnekleri

Haşlama süresinin 60 dk olduğu örneklerde nohut tüketilebilecek düzeylerde olduğu ve 2 saat haşlama sırasında çok fazla enerji kaybı olacağı için deney tasarımında 60 dk civarında olacak şekilde süre değerleri seçilmiştir. Diğer bir sorun elde edilen aquafaba miktarıyla ilgilidir. Sürenin 2 saat olduğu ve katı-sıvı oranının 0,5 olduğu örneklerde elde edilen aquafaba verimi düşüktür, verimin düşük olması bu parametrelerin seçilmeme sebeplerindendir. pH denemesi olarak da sırasıyla 2, 4 ve 5,30 civarlarında denemeler yapılmış olup; sonrasında deney setinde 2, 4 ve 6 olacak şekilde karar verilmiştir.

2.2.2. Deney tasarımı

Yanıt-Yüzey Metodolojisi Minitab (Minitab 16, Minitab Inc., Pensilvanya, ABD) kullanılarak uygulanmıştır. Yanıt-Yüzey Metodolojisi’nde 3 farklı parametrenin etkisini inceleyebilmek için Box Behnken tasarımı kullanılmıştır. Bu tasarımın temelinde 3 farklı parametre için 3 farklı seviyenin belirlenmesi gerekmektedir. Deney seti tasarımı gereği orta seviyelerde kendini tekrarlamaktadır ve bu sayede ölçülen değerler orta seviyelerde tekrarlanmaktadır. Bu çalışma kapsamında seçilen parametreler pH, katı-sıvı oranı ve nohudun haşlanma süresidir. pH için 2, 4 ve 6, katı-sıvı oranı için 0,20, 0,225 ve 0,25, süre olarak 60, 70 ve 80 dk deney tasarımı oluşturulurken seçilen seviyelerdir. Ön denemeler sayesinde belirlenen parametrelere göre Yanıt-Yüzey Metodolojisi kullanılarak deney seti oluşturulmuştur. Çizelge 2.6’daki deney tasarımına göre üretilen aquafabaların emülsiyon aktivite indeksi, köpük stabilitesi ve köpük oluşturma kapasitesi ölçülmüştür.

Çizelge 2.6: Yanıt-Yüzey Metodolojisi ile oluşturulan deney seti.

Örnek	pH	Süre(dk)	Katı-sıvı oranı
1	2	80	0,225
2	4	70	0,225
3	4	60	0,25
4	4	60	0,2
5	2	70	0,2
6	4	80	0,2
7	2	70	0,25
8	2	60	0,225
9	6	80	0,225
10	4	80	0,25
11	4	70	0,225
12	6	70	0,2
13	6	60	0,225
14	4	70	0,225
15	6	70	0,25

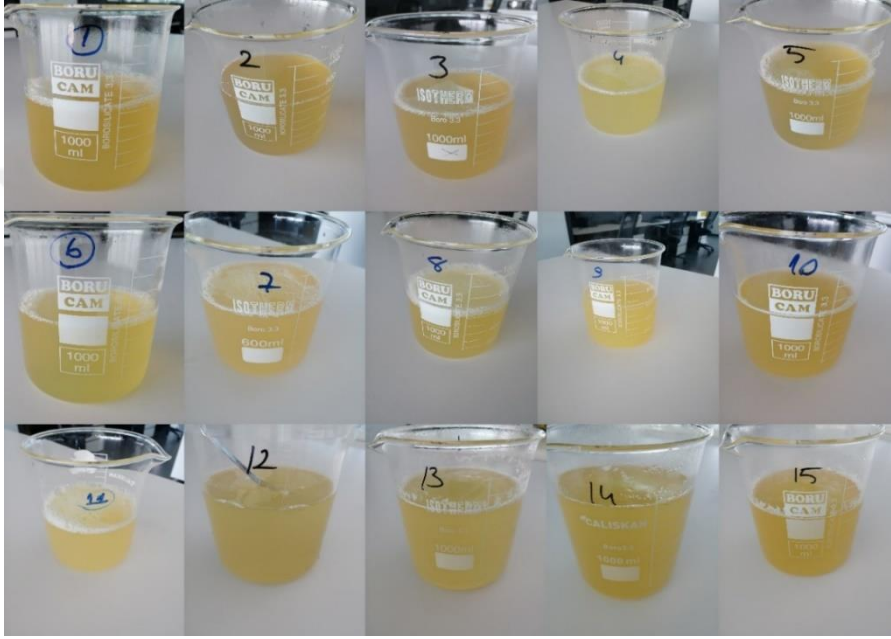
2.2.3. Örneklerin hazırlanması

Örneklerin hazırlanmasındaki ilk adım olarak nohutlar ıslatılmıştır. Nohutların üzerine 3 katı su eklenerek bir kaptaki su eklenerek bir kaptaki su eklenerek bir şekilde 24 saat suda bekletilmiştir. Bu işlemle birlikte nohut taneleri su alarak yumuşamış ve hacminde artış gözlemlenmiştir. Suda bekletme işleminin ardından nohutlar birkaç kez suyla yıkanıp temizlendikten sonra tartımı yapılmış ve tencereye alınmıştır. Her örnek için 400 g nohut kullanılmış olup; belirlenen katı-sıvı oranına göre üzerlerine su ilave edilmiştir. Katı-sıvı oranı ayarlandıktan sonra Şekil 2.8’de görüldüğü gibi tencere induksiyonlu ocağın üzerine alınarak; sıcaklık 100°C ve ısıtma hızı 5 olacak şekilde deney setinde belirlenen süreye göre haşlama işlemi gerçekleştirilmiştir.

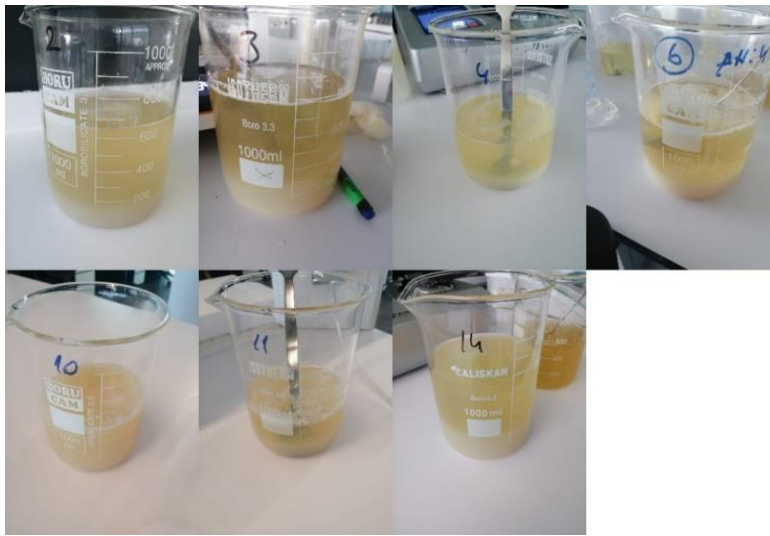


Şekil 2.8: Aquafabaların hazırlanışı

Haşlama süresi bittikten sonra nohut ve aquafaba bir süzgeç yardımıyla süzülerek birbirinden ayrılmıştır. Aquafaba cam behere alınarak su banyosunda soğutulmuş ve sıcaklığı 20°C'ye düştüğünde örneklerin pH değerleri ölçülüp kaydedilmiştir. Daha sonrasında pH değerleri deney veri setine göre %50'lik sitrik asit çözeltisi kullanılarak pH 2 ve 4'e ayarlanırken, %50'lik tri sodyum sitrat çözeltisi ilavesi ile pH 6'ya ayarlanmıştır. Tüm örneklerin üretim sonrasındaki görüntüsü Şekil 2.9'da gösterilmektedir. Aquafaba raf ömrü kısa olan bir hammadde olduğu için örnekler hazırlandıktan sonra aynı gün içinde analizleri yapılmıştır.



Şekil 2.9: Üretilen aquafaba örnekleri



Şekil 2.10: Aquafaba örneklerinin pH seviyeleri ayarlandıktan sonra oluşan faz ayrımı

Örneklerin pH değeri ayarlandıktan sonra pH değeri 4 olan örneklerde belirli bir süre bekledikten sonra Şekil 2.10’da görüldüğü gibi faz ayrımı oluşmuştur. Bunun sebebi aquafabada bulunan proteinlerin izoelektronik noktasının pH 4 civarında olması ve buna bağlı olarak bu pH değerinde faz ayrımı gözlenmiştir.

2.2.4.Aquafabaya uygulanan analizler

2.2.4.1. pH analizi

Aquafabaların sıcaklığı 20°C civarına düştüğünde pH değerleri Şekil 2.11’de gösterilen pH metre (Orion Seven Compact S220, Mettler Toledo, Columbus, ABD) ile ölçülmüştür. Her örnek için 3 tekrarlı ölçüm yapılmıştır.



Şekil 2.11: pH metre (Mettler Toledo Orion Seven Compact S220, ABD)

2.2.4.2. Çözünen kuru madde tayini (°Brix)

Toplam çözünür katı madde içeriği Şekil 2.12’deki dijital refraktometre ile ölçülmüştür (ATAGO 5000a, Atago Co, Tokyo, Japonya). Sonuçlar 20°C’de °Brix cinsinden ifade edilmiştir (Tüfekçi ve Fenercioğlu, 2010).



Şekil 2.12: Refraktometre (ATAGO 5000a, Tokyo, Japonya)

2.2.4.3.Köpük oluşturma kapasitesi ve köpük stabilitesi

Köpük oluşturma kapasitesi ve köpük stabilitesi ölçümleri Makri ve Doxastakis (2005) tarafından yapılan çalışmadaki metot revize edilerek gerçekleştirilmiştir. Aquafabadan 30 mL numune alınmış ve 250 mL’lik behere aktarılmıştır. Daha sonrasında el mikseri

(Bosch MFQP1000, Stuttgart, Almanya) ile minimum hızda 2 dk boyunca çırpılmış ve Şekil 2.13'te görüldüğü gibi köpükler elde edilmiştir.



Şekil 2.13: pH değeri ayarlandıktan bir süre sonra elde edilen görüntü

Daha sonrasında elde edilen köpük mezüre alınmıştır. Mezürde ilk okunan değer köpük oluşturma kapasitesini vermektedir. Elde edilen köpük 30 dk bekletildikten sonra köpük oluşturma kapasitesi tekrar okunup Denklem 2.1 ve Denklem 2.2'ye göre köpük oluşturma kapasitesi ve köpük stabilitesi hesaplanmıştır (Lafarga ve diğ., 2019). Her örnek için analiz üç kez tekrar edilmiştir.

$$\text{Köpük oluşturma kapasitesi (\%)}: ((VF - Vo) / Vf) * 100 \text{ (Denklem 2.1)}$$

V_o : homojenizasyon öncesi hacim

V_F : homojenizasyon sonrası hacim

$$\text{Köpük stabilitesi (\%)}: ((V_{30} / Vf) * 100 \text{ (Denklem 2.2)}$$

V_f : başlangıçta oluşan köpük

V_{30} : 30 dk sonra oluşan köpük

2.2.4.4. Emülsiyon aktivite indeksi (EAI)

Aquafabadan 40 mL ve ayçiçek yağından 60 mL olacak şekilde numune alınmıştır. Daha sonrasında ölçülen aquafaba ve yağ behere alınarak homojenizatör (Silverson L5M, Silverson Machines, Inc., Massachusetts, ABD) ile 3500 rpm'de 1 dk karıştırılmıştır (Şekil 2.14). Oluşan emülsiyon mezüre alınmış ve oda sıcaklığında bekletilmiştir.

Emülsiyon hacmi mezüre ilk koyulduğu anda ve 1 saat sonrasında ölçülmüştür. Denklem 3'e göre emülsiyon aktivite indeksi hesaplanmıştır (Meurer ve diğ., 2020). Analiz her örnek için 3 tekrarlı olacak şekilde yapılmıştır.

$$EAI (\%): (V_{60}/V_i) * 100 \text{ (Denklem 2.3)}$$

V_i : ilk emülsiyon hacmi

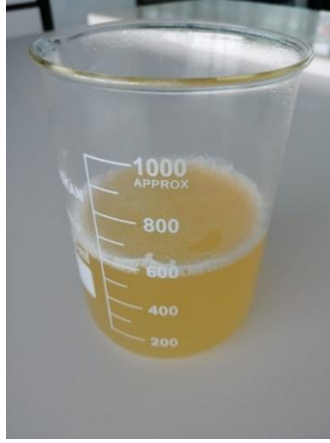
V_{60} : 60 dk sonraki emülsiyon hacmi



Şekil 2.14: Emülsiyon aktivite indeksinin ölçülmesi

2.2.5. Yanıt-Yüzey Metodolojisi ile elde edilen optimum örnek

Deney setindeki örnekler üretilip analizleri tamamlandıktan sonra Minitab'e (Minitab 16, Minitab Inc., Pensilvanya, ABD) elde edilen değerler girilmiştir. Bu verilere göre Yanıt-Yüzey Metodolojisi'nde Box Behnken tasarımına göre optimizasyon yapılmış ve sonuç olarak pH 3,58, süre 80 dk ve katı-sıvı oranı 0,25 olarak üretilen aquafabanın köpük oluşturma kapasitesi, köpük stabilitesi ve emülsiyon aktivite indeksi baz alındığında optimum değeri elde etmeyi sağlamıştır. Bu bağlamda parametrelerin bu değerleri ile tekrar bir aquafaba üretilmiş ve tüm analizler tekrarlanmıştır. Şekil 2.15'te optimizasyon için üretilen örnek görülmektedir. Üretilen bu aquafabada pH ayarlandıktan sonra Şekil 2.16'da görüldüğü gibi faz ayrımı gözlemlenmiştir. Üretilen bu aquafaba ile daha sonrasında mayonez üretilmiştir.



Şekil 2.15: Optimizasyon verilerine göre elde edilen aquafaba



Şekil 2.16: pH değeri ayarlandıktan bir süre sonra elde edilen görüntü

2.2.6. Mayonez üretimi

Bu çalışma kapsamında üretilen mayonez Ali ve El Said (2020) tarafından yapılan çalışmadaki formülasyon revize edilerek; Çizelge 2.7'deki formülasyona göre üretilmiştir. Mayonez Şekil 2.17'deki görsellerde görüldüğü gibi Thermomix (Thermomix TM5, Vorwerk & Co. KG, Wuppertal, Almanya) kullanılarak ısı işlem uygulanmadan, 500 g'lık ölçekte üretilmiştir. Öncelikle tuz, şeker ve aquafaba Thermomixe alınmıştır. Hız 2,5 olacak şekilde 2 dk boyunca karıştırılmıştır. Ayrı bir kaptaki nişasta, ksantan gum ve 75 g ayçiçek yağı karıştırılmış ve Thermomix'teki aquafabalı karışıma eklenmiştir. Bir süre karıştırıldıktan sonra karıştırma hızı 3,5'a çıkartılmıştır. Kalan 175 g yağ yaklaşık 4 dk boyunca yavaş yavaş ilave edilmiştir. Yağın eklenmesi bittikten sonra tartılan elma sirkesi ilave edilmiş ve 3 dk boyunca karışması sağlanmıştır. Şekil 2.18'de üretilen mayonez görülmektedir. Mayonez üretimi tamamlandıktan sonra +4°C'de depolanmıştır.

Çizelge 2.8: Aquafaba ile üretilen mayonez formülasyonu (Ali ve El Said, 2020).

İçindekiler	Miktar (g)
Tuz	5
Şeker	10
Aquafaba	207,1
Patates nişastası	12
Ksantan gam	0,9
Ayçiçek yağı	250
Elma sirkesi	15



Şekil 2.17: Mayonez üretimi



Şekil 2.18: Aquafabalı mayonez

2.2.7. Mayoneze uygulanan analizler

Bu çalışma için üretilen aquafabalı mayonez Şekil 2.19’da görülen piyasadan temin edilen standart mayonez ve vegan mayonez ile karşılaştırılmıştır. Mayoneze uygulanmış tüm analizler bu üç ürün için yapılmıştır.



Şekil 2.19: Analizler sırasında kontrol olarak kullanılan piyasa ürünleri

2.2.7.1. Çözünen kuru madde tayini (°Brix)

Bu analiz yukarıda aquafaba örneklerinin analiz kısmında (Bölüm 2.1.4) uygulanan metoda uygun şekilde yapılmıştır.

2.2.7.2. pH analizi

Bu analiz yukarıda aquafaba örneklerinin analiz kısmında (Bölüm 2.1.4) uygulanan metoda uygun şekilde yapılmıştır.

2.2.7.3. Asitlik tayini

Mayonez örneklerindeki asitlik miktarı Şekil 2.20'deki titratör ile belirlenmiştir (Ti Touch, Metrohm, Herisau, İsviçre). Örnekler 0 ila 1 g arasında tartılmış ve cihaza konulmuştur. Cihaza tartılan miktar girildikten sonra 0,1 N sodyum hidroksit ile titre edilmiştir. Elde edilen değerler % asitlik olarak ifade edilmiştir.



Şekil 2.20: Titratör (Ti Touch, Metrohm, Herisau, İsviçre)

2.2.7.4. Akışkanlık Analizi

Mayonezlerin akışkanlık tayini için Şekil 2.21'deki Bostwick konsistometresi kullanılmıştır. Bostwick konsistometresi mayonez gibi viskoz sosların belirli bir

zaman aralığında kendi ağırlığı altında aktığı mesafeyi ölçmek için kullanılır. Bu cihaz ürünün konulduğu hazne ve süre başladıktan sonra ilerlediği yatak kısmı olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Yatak kısmında cm biriminde uzunluk ölçütü bulunmaktadır. Ürün 20°C'ye geldikten sonra hazneye konulmuştur. Daha sonrasında süre başlatılıp ürün serbest bırakılmıştır. Ürün akışkanlığına bağlı olarak yatak kısmında ilerlemiş, 30. ve 60. sn.' de olmak üzere iki kez ne kadar ilerlediği not edilmiştir (Rüzgar ve Yazıcı, 2022).



Şekil 2.21: Bostwick konsistometresi

2.2.7.5. Mayonez örneklerinin ısıl stabilitesi

Mayonez örneklerinin ısıl stabilitesi Huang ve arkadaşları tarafından kullanılan metot revize edilerek yapılmıştır (Huang, ve diğ., 2016). Cam behere 10 g mayonez tartılmıştır. Şekil 2.22'deki su banyosu önceden 80°C'ye ayarlanmıştır (Nüve BM 30, Ankara, Türkiye). Su banyosu 80°C'ye ulaştıktan sonra mayonez tartılan beherler su banyosuna konulmuş ve 1 saat su banyosunda bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda örneklerin yağ salıp salmadığı görsel olarak incelenmiştir.



Şekil 2.22: Su banyosu (Nüve BM 30, Ankara, Türkiye)

2.2.7.6. Duyusal analiz

Piyasadan temin edilen standart mayonez, yine piyasadan temin edilen vegan etiketli mayonez ve bu çalışmada üretilen aquafabalı mayonez olmak üzere 3 farklı mayonez

duyusal analiz için kullanılmıştır. Tadım yaparken panelistlerden mayonezleri yalnız başına ve patates kızartması ile tatmaları istenmiştir. Duyusal analiz için beğeni testi kullanılmıştır. Ek-A'daki duyusal analiz formuna göre hem sorulan demografik sorulara cevap verilmesi hem de parametrelere 1'den 5'e kadar puan verilmesi beklenmiştir.

2.2.7.7. Raf ömrü analizi

Raf ömrü analizi Koçak tarafından yapılan çalışmadaki metoda göre yapılmıştır (Koçak, 2006). Aquafaba ile üretilen mayonez örnekleri kapağı kapalı olacak şekilde 37°C'ye ayarlanmış olan etüve (ED 115 Binder, Tuttlingen Almanya) konulmuş (Şekil 2.23) ve 5 gün boyunca 37°C'de depolanmıştır. Bu süre sonunda örneklerin pH, asitlik, kıvam, °Brix ve duyusal özelliklerindeki değişimler incelenmiştir. Tüm analizler boyunca piyasadan temin edilen ürünler ile bu çalışma kapsamında üretilen aquafabalı mayonez karşılaştırılmıştır. Market ürünleri koruyucu içerirken; bu çalışma kapsamında üretilen aquafabalı mayonezde koruyucu kullanılmamıştır. Bu nedenle raf ömrü testi sadece aquafabalı örneğe uygulanmıştır.



Şekil 2.23: Etüv (ED 115 Binder, Tuttlingen, Almanya)

2.2.7.8.İstatistiksel analizler

Tüm analizler 3 tekrarlı olacak şekilde yapılmıştır. İstatistiksel analizler Minitab 16 (Minitab 16, Minitab Inc., Pensilvanya, ABD) uygulaması kullanılarak yapılmıştır. Sonuçlara tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve *t* testi uygulanmış olup; numuneler arasındaki farklılık Tukey testi kullanılarak %95 güven düzeyinde belirlenmiştir ($p < 0,05$).

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Aquafaba Analiz Sonuçları

3.1.1 pH ve çözünen kuru madde (°Brix) miktarı

Örnekler deney tasarımına göre hazırlandıktan sonra pH ve °Brix değerleri ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları Çizelge 3.8’de gösterilmektedir.

Çizelge 3.9: Aquafaba örneklerinin ilk pH ve °Brix değerleri.

Örnekler	°Brix	pH
1	1,7±0,006	6,1±0,03
2	1,5±0,006	6,0±0,02
3	1,6±0,03	6,0±0,06
4	1,1±0,006	6,1±0,006
5	1,4	6,1±0,006
6	1,5±0,006	6,1±0,01
7	1,6±0,006	6,1±0,07
8	1,4	6,1±0,08
9	1,5±0,006	6,0±0,01
10	2,2±0,006	6,1±0,02
11	1,6	6,0±0,01
12	1,2±0,01	6,0±0,01
13	1,2±0,006	6,1±0,02
14	1,6±0,01	6,1±0,006
15	1,9±0,01	6,1±0,01

Deney tasarımında belirtilen pH değerleri bu ölçümlerden sonra ayarlandığı için bu sonuçların farklı olmasının sebebi değişen katı-sıvı oranı ve süre parametreleridir. Katı-sıvı oranının pH ve °Brix üzerindeki etkisini incelemek için sürenin aynı olduğu örnekler arasında karşılaştırma yapılmıştır. Sürenin aynı olduğu örneklerde katı-sıvı oranının değişmesi pH ve °Brix değeri üzerinde önemli farka sebep olmuştur. Katı-sıvı oranı arttıkça örneklerin °Brix değerinde artış gözlenmiştir. Brix değerinin yüksek olduğu örneklerde çözünen katı madde içeriği daha yüksektir, katı-sıvı oranı arttıkça katı yoğunluğu arttığı için karbonhidrat, lif, protein gibi bileşenlerin suya geçme

potansiyeli artmaktadır. Buna bağı olarak pH değeri de nohuttan haşlama suyuna geçen bileşenlerin farklılaşması sebebiyle değişmektedir.

Katı-sıvı oranının sabit tutulup sürenin pH ve °Brix değeri üzerindeki etkisi incelendiğinde ise süre önemli bir farka sebep olmuştur. Süre değiştikçe yine nohuttan suya geçecek bileşen miktarı değişmektedir. Deney sürecinde yapılan gözlemlere göre sürenin arttığı durumlarda elde edilen aquafaba daha koyu renklidir.

Farklı bakliyat tipi kullanılarak (sarı ve siyah soya fasulyeleri, siyah fasulye ve nohuttan) üretilen aquafabaların karakteristik özelliklerinin incelendiği bir çalışmada nohuttan elde edilen aquafabanın pH değeri 6,23 olarak ölçülmüştür (Echeverria-Jaramillo ve diğ., 2021). Bitkisel yağ ile emülsiyon sağlamak için stabilizer olarak kullanılan aquafabanın pH değeri ise 6,20 olarak ölçülmüştür (Szulc, 2021). Aquafabanın fonksiyonel özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada ise örneklerin pH değerleri 6,1-6,5 arasında değişmektedir (Serventi ve diğ.,2020). Bu çalışma kapsamında aquafaba örneklerinin pH değerleri literatürdeki yapılmış çalışmalardaki pH değerleri ile örtüşmektedir.

Farklı bakliyatlar kullanılarak elde edilen haşlama sularının mereng formülasyonuna etkisinin araştırıldığı bir çalışmada nohuttan elde edilen aquafabanın kuru madde içeriği 5,13 olarak ölçülmüştür (Stantiall ve diğ., 2018). Diğer bir çalışmada ise katı-sıvı oranı 0,57 olarak hazırlanan aquafabanın °Brix değerleri 5,8–7,8 arasında değişmektedir (He, Meda ve diğ, 2021). Bu kapsamda çalışma için üretilen örneklerin °Brix değerleri literatürdeki örneklere göre daha düşük ölçülmüştür. Bunun nedeni diğer çalışmalara göre farklı katı-sıvı oranı uygulanmasıyla ilişkilidir.

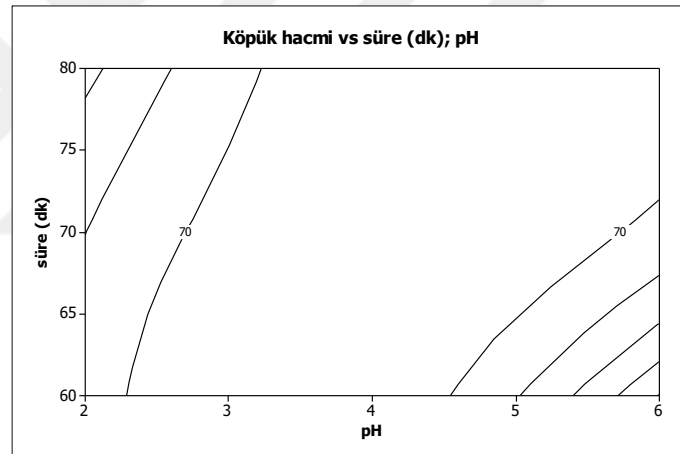
3.1.2.Köpük oluşturma kapasitesi ve köpük stabilitesi

Köpük oluşturma kapasitesini etkileyen parametreler Çizelge 3.9'da gösterilmiştir. Bu ANOVA tablosu incelendiğinde pH^2 ve $pH \times \text{süre}$ interaksyonu örneklerin köpük kapasitesini önemli düzeyde etkilemiştir. Oluşturulan regresyon modeli anlamlıdır. Aquafabanın köpük ve emülsiyon oluşturma özelliklerinin incelendiği bir çalışmada katı-sıvı oranı ve pH köpük kapasitesini önemli düzeyde etkilemiştir (Lafarga ve diğ., 2019). Bu çalışmadan farklı olarak kullanılan katı-sıvı oranı daha yüksektir.

Çizelge 3.10: Farklı koşullarda köpük kapasitesindeki değişimin YYM için ANOVA tablosu.

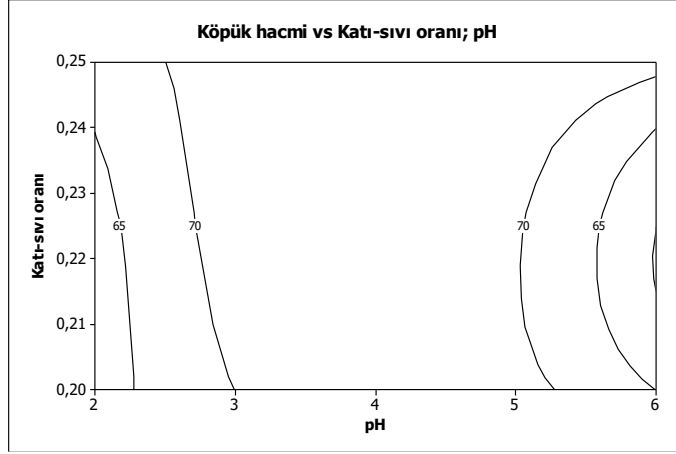
	Kareler toplamı	Kareli ortalama	F-değeri	P- değeri
Kare	418,5	139,5	14,7	0,007
pH ²	364,4	364,7	38,4	0,002
Etkileşim	216,4	72,1	7,6	0,03
pH*süre	215,4	215,4	22,7	0,005
Lack of fit	47,5	15,8	9115,9	0,000
Saf hata	0,003	0,002		
Regresyon	678,8	74,4	7,9	0,017
R ²	%93,5			
R ² adj	%81,7			

Şekil 3.24-3.32 arasındaki görsellerde YYM kullanılarak elde edilen grafikler gösterilmektedir. Bu grafikler oluşturulurken parametreler arasındaki ilişki ikili olarak karşılaştırılmış olup; dışarda kalan parametre orta seviyedeki değerinde sabit tutulmuştur.



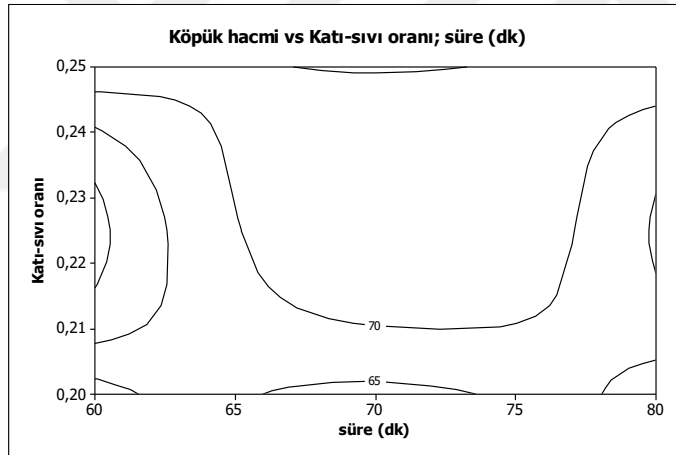
Şekil 3.24: pH ve sürenin aquafabanın köpük oluşturma kapasitesine etkisi

Şekil 3.24'te gösterilen grafikte katı-sıvı oranı orta seviyede sabit tutularak pH ve sürenin köpük oluşturma kapasitesi üzerindeki etkisi incelenmiştir. pH değeri 3-4 arasında olduğunda ve süre arttırıldığında köpük oluşturma kapasitesinde maksimum seviyeler elde edilmiştir.



Şekil 3.25: pH ve katı-sıvı oranının aquafabanın köpük oluşturma kapasitesi üzerindeki etkisi

Şekil 3.25'te süre orta seviyede sabit tutulmuş, pH ve katı-sıvı oranının etkisi incelenmiş olup; pH 4 civarlarında ve katı-sıvı oranının 0,25'e yakın olduğu durumlarda aquafabanın köpük oluşturma kapasitesinin daha yüksek seviyelere ulaştığı gözlemlenmiştir.



Şekil 3.26: Katı-sıvı oranı ve sürenin aquafabanın köpük oluşturma kapasitesi üzerindeki etkisi

Şekil 3.26'da gösterilen grafikte pH değeri 4'te sabit tutulup katı-sıvı oranı ve sürenin etkisi incelenmiştir. Sürenin 70-75 dk arasında olduğu ve katı-sıvı oranının 0,25 civarında olduğu koşullarda köpük oluşturma kapasitesi en yüksek seviyelerdedir.

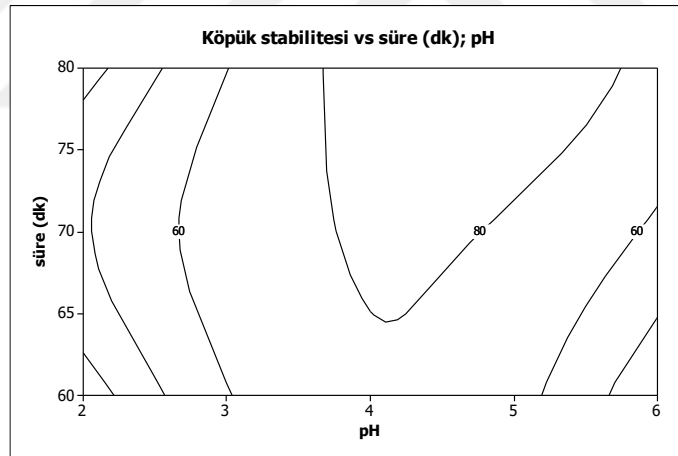
Köpük oluşturma kapasitesi ile ilgili tüm grafikler incelendiğinde pH'nın 4 civarında, katı-sıvı oranının 0,25 civarında ve sürenin 70-75 dk arasında olduğu durumlarda aquafabanın köpük oluşturma kapasitesi maksimum seviyelere ulaştığı görülmektedir. Köpük oluşturma kapasitesiyle ilgili analiz yapılırken pH'nın 4'e ayarlandığı örnekler diğer pH seviyelerine göre anlamlı ölçüde daha yüksek seviyelerde bulunmuştur.

Aquafabada bulunan proteinlerin pH 4 civarındayken köpük oluşturma kapasitesi maksimum düzeylere ulaştığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 3.11: Farklı koşullarda köpük stabilitesindeki değişimin YYM için ANOVA tablosu.

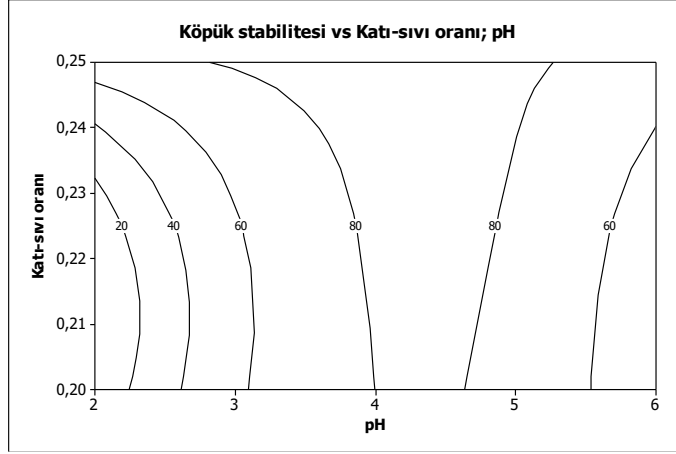
	Kareler toplamı	Kareli ortalama	F-değeri	P- değeri
Kare	8299,7	2766,6	8,9	0,02
pH ²	7545,7	7437,2	23,9	0,005
Lack of fit	1374,2	458,1	5,1	0,2
Saf hata	178,8	89,4		
Regresyon	12954,2	1439,4	4,6	0,05
R ²	%89,3			
R ² adj	%70,0			

Aquafabanın köpük stabilitesi için oluşturulan ANOVA tablosu Çizelge 3.10'da gösterilmektedir. Bu tablo incelendiğinde pH² önemli düzeyde köpük stabilitesini etkilemiştir. Köpük kapasitesinde olduğu gibi pH köpük stabilitesini de önemli düzeyde etkilemiştir. Şekil 3.27, 3.28 ve 3.29'da YYM ile elde edilen grafiklerde değişen parametrelerin köpük stabilitesi üzerindeki etkisi gözlenmektedir.



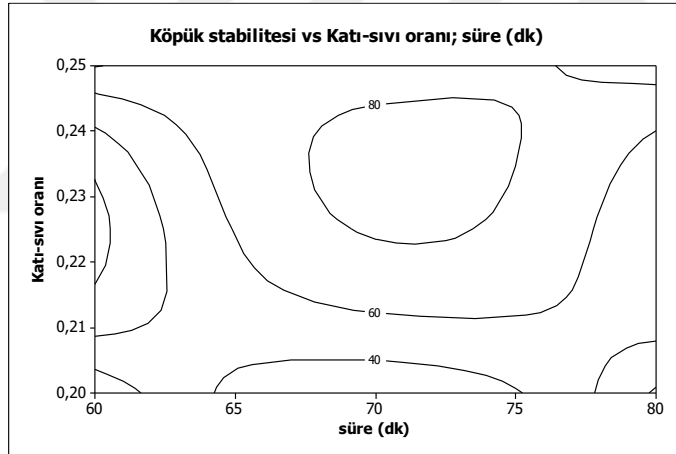
Şekil 3.27: pH ve sürenin aquafabanın köpük stabilitesi üzerindeki etkisi

Şekil 3.27'deki görselde katı-sıvı oranı orta seviyede sabit tutulmuş, pH değeri 4 ile 5 arasında olduğunda ve sürenin 70 dk'dan fazla olduğu durumlarda köpük stabilitesi yüksek seviyelerdedir. pH'nın 2 civarında olduğu durumlarda köpük stabilitesi en düşük seviyelerdedir.



Şekil 3.28: pH ve katı-sıvı oranının aquafabanın köpük stabilitesine etkisi

pH ve katı-sıvı oranının karşılaştırıldığı Şekil 3.28’de pH 4-5 arasında, katı-sıvı oranı 0,25 civarında olduğu koşullarda köpük stabilitesi yüksek seviyelere ulaşmıştır. Bu parametreler göz önüne alındığında en düşük köpük stabilitesi pH 2 civarı ve katı-sıvı oranının ise 0,20-0,22 olduğu koşullardır.



Şekil 3.29: Katı-sıvı oranı ve sürenin aquafabanın köpük stabilitesine etkisi

Şekil 3.29’daki grafik incelendiğinde, katı-sıvı oranının 0,24 ile 0,25 arasında ve sürenin de 70 dk’nın üzerinde olduğu noktalarda maksimum köpük stabilitesi elde edilmiştir. Sürenin 60-65 dk arasında, katı-sıvı oranının da 0,20- 0,23 arasında olduğu koşullarda köpük stabilitesi en düşüktür.

Köpük stabilitesi ile ilgili tüm grafikler incelendiğinde pH’nın 4-5 arası, katı-sıvı oranının 0,25 civarında ve sürenin 70 dk’dan fazla olduğu durumlarda köpük stabilitesi için en iyi koşulların sağlandığı görülmektedir. Katı-sıvı oranının yüksek olmasıyla birlikte suya geçen protein ve karbonhidrat içeriği artmaktadır. Buna bağlı olarak da köpüğün stabilitesi yüksek katı-sıvı oranında daha yüksek seviyelerdedir.

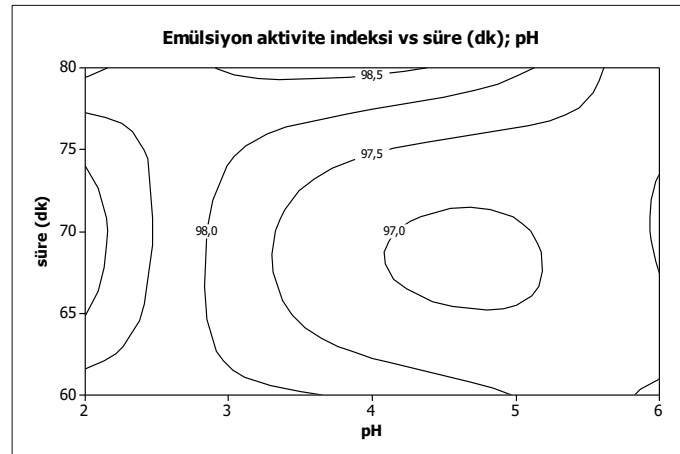
3.1.3. Emülsiyon aktivite indeksi (EAI)

EAI ile ilgili elde edilen ANOVA tablosu (Çizelge 3.11) incelendiğinde katı-sıvı oranı, pH² ve pH*süre etkileşimi EAI değerini önemli düzeyde etkilemiştir. Lafarga ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada emülsiyon kapasitesi pH ve katı-sıvı oranından önemli düzeyde etkilenmiştir (Lafarga ve diğ., 2019).

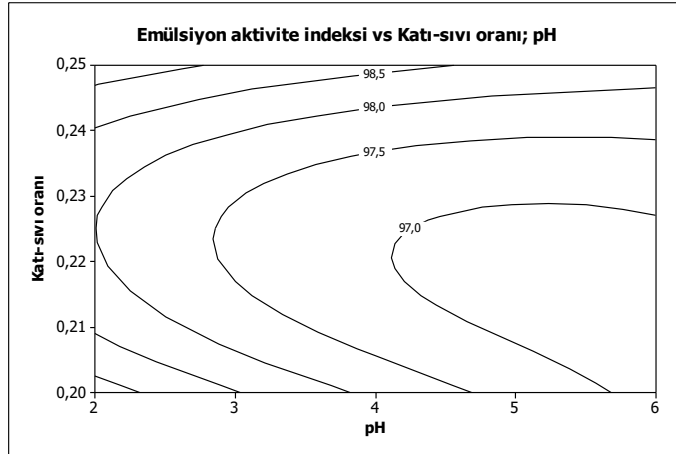
Çizelge 3.12: Farklı koşullarda EAI üzerindeki değişimin YYM için ANOVA tablosu.

	Kareler toplamı	Kareli ortalama	F-değeri	P- değeri
Katı-sıvı oranı	1,1	4,2	31,0	0,003
Kare	418,5			
pH ²	364,4	364,7	38,4	0,002
Etkileşim	216,4	72,1	7,6	0,03
pH*süre	215,4	215,4	22,7	0,005
Lack of fit	47,5	15,8	9115,9	0,000
Saf hata	0,003	0,002		
Regresyon	678,8	74,4	7,9	0,02
R ²	%93,5			
R ² adj	%81,7			

Şekil 3.30'deki pH ve sürenin EAI üzerindeki etkisi gösterilmektedir. pH'nın 2-2,5 arasında ve sürenin 75-80 dk arasında olduğu durumlarda EAI en yüksek seviyelerdedir. pH yükseldikçe ve sürenin azaldığı noktalarda EAI'nın düştüğü görülmektedir.

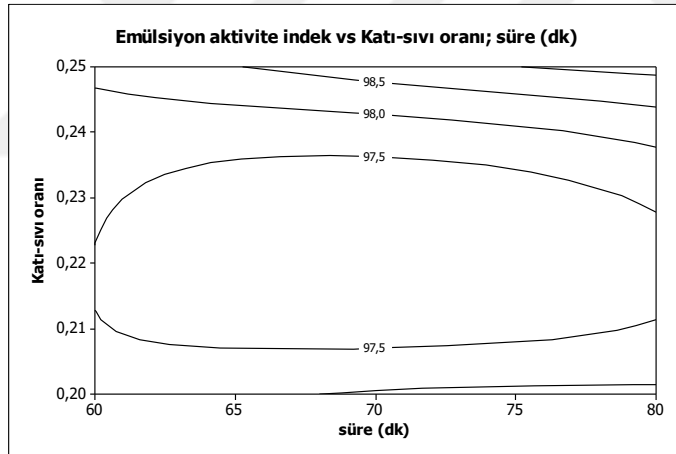


Şekil 3.30: pH ve sürenin aquafabanın EAI üzerindeki etkisi



Şekil 3.31: pH ve katı-sıvı oranının aquafabanın EAI üzerindeki etkisi

Sürenin orta seviyede sabit tutulup pH ve katı-sıvı oranının etkisinin incelendiği Şekil 3.31’de pH 2-3 arasındayken emülsiyon aktivite indeksi en yüksek seviyelerdedir. Katı-sıvı oranının 0,25 olduğu noktada EAI maksimum seviyeye ulaşmıştır.



Şekil 3.32: Katı-sıvı oranı ve sürenin aquafabanın EAI üzerindeki etkisi

Süre ve katı-sıvı oranının EAI üzerindeki etkisi incelendiği Şekil 3.32’de süre 65 dk, katı-sıvı oranı 0,22 civarındayken minimum seviyelerdedir. Maksimum EAI 0,24-0,25 katı-sıvı oranında ve sürenin 70-80 dk arasında olduğunda elde edilmiştir.

EAI ile ilgili grafikler incelendiğinde köpük özelliklerinin tersine pH değerinin 2’ye yakın olduğu durumlarda EAI değeri daha yüksek bulunmuştur. Sürenin ve katı-sıvı oranının yüksek olduğu durumlarda EAI daha yüksek seviyelerdedir.

3.1.4. Optimizasyon ve doğrulama

Aquafabaya tüm bu analizler uygulandıktan sonra elde edilen veriler yazılıma girilerek parametreler optimize edilmiş ve elde edilen optimizasyon koşullarına göre bir aquafaba üretilmiştir. Optimum şartlarda üretilen aquafabanın ölçüm sonuçları Çizelge 3.12’de yer almaktadır.

Çizelge 3.13: Optimize şartlarla üretilen aquafabanın analiz sonuçları.

Parametre	Değer
pH	6,08±0,04
°Brix	2,00±0,006
Köpük oluşturma kapasitesi (%)	76,03±1,10
Köpük stabilitesi (%)	85,60±1,80
EAI(%)	97,90±0,90

Köpük özellikleri incelendiğinde köpük oluşturma kapasitesi ve köpük stabilitesi için optimize şartlarda üretilen örnek en yüksek seviyelerde ölçülmüştür. Buradan elde edilen sonuca göre pH 3,5 civarında olduğunda köpük özellikleri maksimum seviyelere ulaşmaktadır. EAI incelendiğinde ölçülen değer örneklerin değerleri ile benzerdir. Katı-sıvı oranının ve sürenin optimize edilmeye çalışıldığı bir çalışmada optimum şartların katı-sıvı oranının 1,5:3,5 ve sürenin 60 dk olduğu durum optimum koşul olarak hesaplanmıştır. Optimum örneğin köpük oluşturma kapasitesi ise % 88,3 ± 2,4, köpük stabilitesi ise % 55± 2,4 olarak ölçülmüştür (Alsaman, 2020).

3.2. Mayonez Örneklerinin Karakteristik Özellikleri

3.2.1. pH

pH değeri mayonez gibi emülsiyon yapısına sahip ve mikrobiyal gelişime açık bir üründe oldukça önemlidir. Mayonez yüksek miktarda yağ içeren bir üründür. Yüksek miktarda yağ içermesi ürünün raf ömrünü sınırlayan bir parametredir. Diğer yandan yumurta içeren mayonezlerde yumurtadan kaynaklı bir bulaşı söz konusu olabilmektedir. Bu tip sos benzeri ürünlerde asidik bir tat duyusal olarak daha kabul edilir olmasının yanında pH değerinin düşürür ve ürünü korumaya yardımcı olur. Üründe kullanılan sitrik asit ve asetik asit ürünün raf ömrünün uzatılmasını sağlayan bileşenlerdir. Çizelge 3.13’te verilen analiz sonuçları incelendiğinde aquafabalı ve piyasadan temin edilen standart mayonezin pH değerlerinde istatistiksel olarak önemli fark bulunmazken; piyasadan temin edilen vegan mayonezin pH değeri diğerlerinden önemli düzeyde farklıdır ($p<0,05$). Yapılan bir çalışmada yağ içerikleri farklı olan

ticari olarak üretilen mayonezler alınarak fizikokimyasal analizler uygulanmış ve sonuçlar incelendiğinde en düşük pH değeri 3,27 olarak ölçülmüştür (Karas ve diğ., 2002). Aquafaba kullanılarak mayonez üretilen diğer bir çalışmada pH değeri 3,74-4,66 aralığında ölçülmüştür (He, ve diğ., 2021b). Bu çalışmada ölçülen değerler diğer çalışmalardaki değerlere göre daha düşük bulunmuştur. Örneklerin pH değerleri arasındaki farklılığın sebebi ilave edilen asit miktarı ve formülasyonların birbirinden farklı olmasıdır.

Çizelge 3.14: Mayonezlere uygulanan analiz sonuçları.

	pH	°Brix değeri	Asitlik miktarı(g/100g)	Bostwick değeri (cm)
Aquafabalı mayonez	3,40±0,02 ^a	11,20±0,30 ^c	0,30±0,03 ^a	1,10-1,37 ^a
Piyasadan temin edilen standart mayonez	3,40±0,02 ^a	25,80±0,80 ^a	0,40±0,006 ^a	0 ^b
Piyasadan temin edilen vegan mayonez	2,90±0,02 ^b	21,90±0,60 ^b	0,40±0,010 ^a	0 ^b

**Aynı sütundaki farklı küçük harfler ile gösterilmiş değerler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmaktadır ($p<0,05$).

3.2.2. Asitlik

Mayonez gibi salata soslarında asitlik birçok parametreyi etkilemektedir. Ürüne ilave edilen sitrik asit ve asetik asit pH değerini düşürürken asitlik miktarını arttırmaktadır. Kullanılan asidin cinsi son ürünün kalite özellikleri üzerinde önemli değişikliklere sebep olmaktadır. Yapılan çalışmalara göre salata soslarında kullanılan asetik asit miktarının %0,25'in üzerinde olduğu ürünlerde patojen mikroorganizma gelişme olasılığı daha düşüktür (Önder, 2019). Bu çalışmada değerlendirilen üç mayonezin içeriği de incelendiğinde aquafabalı üründe sitrik asit ve sirke kullanılmıştır. Piyasadan temin edilen standart mayonezde sitrik asit, sirke ve laktik asit kullanılırken vegan mayonezde ise limon suyu konsantresi, sirke ve laktik asit kullanılmıştır. Ölçülen asitlik değerleri incelendiğinde örneklerin asitlik değerleri arasında önemli bir farklılık bulunmamış olup; bu üç mayonez örneğinin asitlik değeri birbirine yakın olarak ölçülmüştür ($p<0,05$). Hakimian ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada kontrol örneklerinin pH değeri % 0,61 olarak ölçülmüştür (Hakimian ve diğ., 2022). Başka bir çalışmada ise asitlik miktarı %0,50 olarak ölçülmüştür (Pradhananga ve Adhikari,

2015). Literatürdeki çalışmalardaki mayonezlerin asitlik miktarıyla karşılaştırıldığında ölçülen değerlerin düşük olduğu görülmektedir. Fakat son ürünün asitlik miktarı tüketici kabul edilebilirliği açısından önemli olduğundan farklı ülkelerde yaşayan bireylerin damak tadına göre değişiklikler söz konusu olduğu için bu farklılık ortaya çıkmış olabilir.

3.2.3. Çözünen Kuru Madde

Çözünen katı madde içeriği bir ürünün kıvamı, su aktivitesi gibi parametreler hakkında tahmin yürütebilmeyi sağlayan bir analizdir. Çözünen kuru madde içeriği yüksek bir ürünün kıvamı yoğun, su miktarı da azdır. Bu çalışmada kullanılan mayonezlerin °Brix değerleri arasında önemli farklar bulunmaktadır. Aquafaba ile üretilen ürünün °Brix değeri diğer ürünlerin °Brix değerinin yaklaşık olarak yarısıdır. Yağ miktarını düşürmek için farklı stabilizatörler (ksantan gam ve sodyum karboksimetil selüloz) kullanılarak üretilen mayonezlerde, ksantan gam kullanılan mayonezin °Brix değeri 23 olarak ölçülmüştür (Than ve Win, 2020).

Bu da yine formülasyonun farklı oluşundan kaynaklanmaktadır. Aquafaba ile üretilen mayonezde sıvı aquafaba kullanıldığı için yüksek miktarda sıvı girdisi olmuştur ve buna bağlı olarak °Brix değeri düşük olarak ölçülmüştür. Piyasadan temin edilen ürünlerde kullanılan nişasta miktarı daha yüksek olduğu için yapıdaki serbest suyu tutmakta ve °Brix değerini de yükseltmektedir. Fakat aquafaba kullanılarak üretilen mayonezin formülasyondaki nişasta miktarının ya da kullanılan stabilizatör miktarının arttırılmasıyla birlikte bu farklılık ortadan kaldırılabılır.

3.2.4. Akışkanlık

Bostwick konsistometresi ürünün kalitesini ve standartlara uygunluğunu değerlendirmek için sıklıkla kullanılan kolay ve hızlı bir analitik araçtır. Mayonez bilindiği gibi yarı-katı bir sostur ve akışkan davranışlara sahiptir. Analiz sonuçları incelendiğinde piyasadan temin edilen ürünler 60 sn'de hareket etmezken, aquafaba ile üretilen mayonez örneklerinin ortalama 30 sn'de 1,1, 60 sn'de ise 1,37 cm ilerlediği gözlemlenmiştir. Aquafaba ile üretilen ürünün kıvamı daha düşük bulunmuştur. Mayonezin yağının azaltılmaya çalışıldığı bir çalışmada yağ miktarı azaltılarak; modifiye nişasta ilave edilmiş ve kontrol örneği (yağ içeriği %80) 30 sn'de 0,2 cm yol alırken, yağ içeriği %60 olan 0, %40 olan 0,4 cm, %25 olan ise 0,8 cm ilerlemiştir (Carcelli ve diğ, 2020). Bu çalışma için üretilen mayonez 30 sn'de daha çok yol almıştır, buna bağlı olarak kıvamı daha düşük bulunmuştur.

3.2.5. Isıl stabilite

Mayonez gibi emülsiyon yapısındaki ürünlerde ısı işlem uygulandığı zaman emülsiyon yapı bozulabilmekte ve üründen yağ ayrılmaya başlamaktadır. Mayonezin ısıl stabilitesi ürünün yüksek sıcaklık uygulanması durumunda emülsiyonun ne kadar korunduğunu gözlemlemeyi sağlamaktadır. Bu analiz kapsamında örnekler sıcak su banyosunda 80°C’de 1 saat bekletilmiş ve faz ayrımı olup olmadığı gözlemlenmiştir. Şekil 3.33’te bulunan görsellerde 30 ve 60 dk sonrasında mayonez örneklerindeki değişimler gözlemlenmiştir.

Şekil 3.33’teki görseller incelendiğinde 30 dk sonunda aquafaba içeren mayonez ve piyasadan temin edilen vegan mayonezde herhangi bir değişim gözlenmemiştir. Fakat piyasadan temin edilen standart mayonez örneğinde yağ fazının ayrılmaya başladığı ve örnek yüzeyinde sıvı birikmeye başladığı dikkat çekmiştir.



Şekil 3.33: Isıl stabilite analizinde 30 ve 60 dk sonunda örneklerin görünümü

Mayonez örnekleri 60 dk’nın sonunda ise piyasadan temin edilen vegan mayonez ve aquafabalı mayonez örneklerinin yüzeyinde sıvı birikmeye yeni başlamışken; marketten alınan standart mayonez örneğinde ayrılan yağ miktarının diğerlerine göre daha fazla olduğu net bir şekilde gözlemlenmektedir. Sonuç olarak yumurta içeren mayonezin ısıl stabilitesi bitkisel kaynaklı mayonezlere göre daha düşük bulunmuştur.

3.2.6. Duyusal Özellikler

Duyusal analize 23 ila 36 yaş aralığındaki 21 panelist katılmıştır. Panelistlerin yanıtları incelendiğinde; 3 ürün arasındaki farklılığın sebebi olarak 13 kişi ağız hissi, 17 kişi tat, 7 kişi de koku olduğunu söylemiştir. Vegan mayonez ile aquafabalı mayonez arasındaki fark sorulduğunda bu farklılığa ek olarak ürün yapısının da farklı olduğu söylenmiştir. Hangisini tercih edersiniz sorusuna 11 kişi aquafaba ile üretilen mayonezi, 5 kişi standart mayonezi, 5 kişi de piyasadan temin edilen vegan mayonezi tercih ederim şeklinde cevaplamıştır. Diğerlerini tercih etmeme sebebi olarak aquafabalı ürünün ağız doygunluğunun az olması ve bazı panelistler tarafından geride fermente tatlar kalması; market ürünlerinin seçilmeme sebebi olarak da ağızda yabancı, yapay tatlar bırakması en önemli etkenler olarak değerlendirilmiştir. “Ürünü satın alır mısınız?” sorusuna tadım yapan bireylerin %85’i “Satın alırım” şeklinde cevap vermiştir; fakat birçok panelist aquafaba ile üretilen mayonezin ağız doygunluğunun artması ve tadının geliştirilmesi gerektiği yönünde yorumlar yapmıştır. Ürünlerin özelliklerine göre verilen puanların ortalaması Çizelge 3.14’te yer almaktadır.

Çizelge 3.15: : Mayonez örneklerinin duyusal özellikleri.

	Renk	Tat	Ağız hissi	Ekşilik	Viskozite	Sürülebilirlik	Koku	Yabancı tat	Genel kabul edilebilirlik
Aquafaba ile yapılan mayonez	3,3± 1 ^B	4±0,7 ^A	3,9±0,6 ^{AB}	3,9±1,1 ^A	4,6±0,5 ^A	4,3±0,9 ^A	4,2±0,9 ^A	3,9±1,1 ^A	4,1±0,5 ^{AB}
Piyasadan temin edilen standart mayonez	4,7±0,6 ^A	4±1,1 ^A	4,3±0,7 ^A	4±0,9 ^A	4,7±0,6 ^A	4,7±0,5 ^A	4,5±0,7 ^A	3,9±1,2 ^A	4,4±0,7 ^A
Piyasadan temin edilen vegan mayonez	3,8±1,2 ^B	3,48±1,1 ^A	3,4±1,2 ^B	3,7±11 ^A	4,2±1,2 ^A	4,2±1 ^A	4,1±1,2 ^A	3,9±1,2 ^A	3,7±1,3 ^B

* Aynı sütundaki farklı büyük harfler ile gösterilmiş değerler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmaktadır ($p<0,05$).

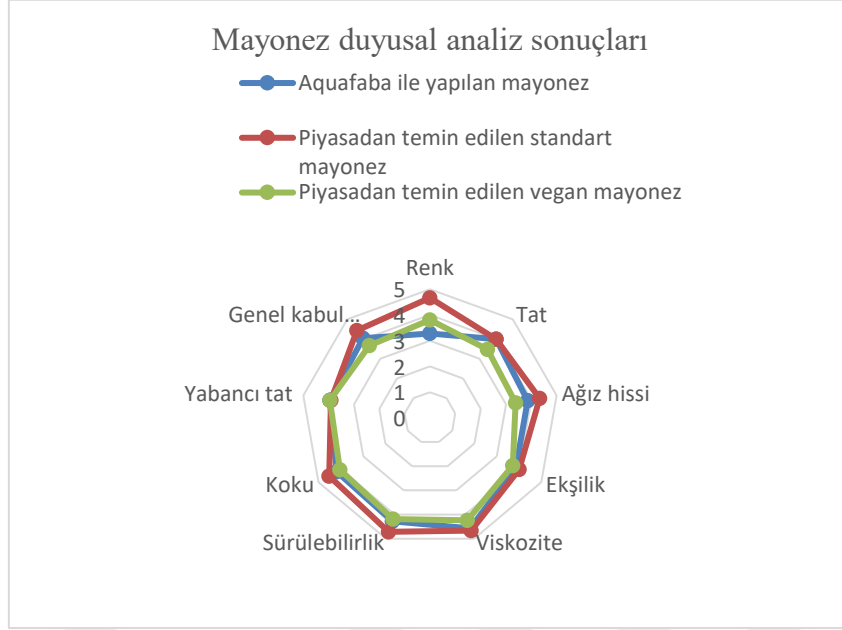
Aquafaba ile üretilen örneğin formülasyonunda herhangi bir renk ilavesi bulunmamaktadır. Standart mayonezde bulunan yumurta sarısı ve vegan mayonezde kullanılan beta karoten sayesinde market ürünlerinin rengi hafif sarı tonlarındayken, aquafabalı ürün beyaz renktedir. Mayonez örneğinde duyusal olarak sarımsı renkler olması tüketicide olumlu etkiler yarattığı için; aquafaba içeren ürün renk parametresinde en düşük puanları almıştır.



Şekil 3.34: Mayonez örneklerinin görünümü

Şekil 3.34'te görüldüğü gibi ürünlerin renkleri arasında belirgin farklılıklar bulunmaktadır. Aquafaba ile üretilen mayonez beyaz renkteyken, vegan mayonez ise standart mayoneze göre daha parlak sarı renktedir.

Tat parametresi incelendiğinde vegan mayonez en düşük puanı almıştır. Bunun nedeni ağızda yağlı ve yapay bir tat bıraktığı şeklinde yorumlar yapılmıştır. Ağız hissi olarak aquafabalı numune için 'Zayıf, ağızda çok çabuk kayboluyor' şeklinde geri dönüşler alınmıştır. Ekşilik yönünden aquafabalı ürünün formülasyonunun geliştirilmesi gerekmektedir. Ürünlerin viskozite değerleri incelendiğinde piyasadan temin edilen vegan mayonez örneğinin viskozite değeri diğer iki örneğe göre panelistler tarafından daha düşük puan almıştır. Bunun sebebi piyasadaki vegan mayonezin nişasta bazlı olması ve kaşıktan yığın şeklinde dökülmesinden kaynaklanmaktadır. Sürülebilirlik parametresi incelendiğinde en yüksek puanları piyasadan temin edilen normal mayonez almıştır. Diğer iki ürünün daha düşük puanlar almasının sebebi kıvama bağlı olarak değişmiştir. Aquafabalı ürünün kıvamı düşük olduğu için fazla yayılırken; piyasadan temin edilen vegan mayonez incelenirken sürülebilirlik özelliği istenen düzeylerde bulunmamıştır. Ürünler koku yönünden incelendiğinde çok büyük bir fark algılanmamıştır. Ürünlerin genel kabul edilebilirliği incelendiğinde ise yine en düşük puanı vegan olan ticari ürün almıştır. Aquafabalı ürün hakkında genel yorumlar ise beklenildiği gibi yabancı tadın yoğun hissedilmediği ve düşünüleneye göre çok daha iyi olduğu ile ilgili yorumlar panelistler tarafından ek olarak iletilmiştir. Şekil 3.35'te duyuusal analizdeki parametrelerin değerlendirilmesi radar grafiği ile gösterilmektedir.



Şekil 3.16: Duyusal analiz radar grafiği

3.2.7. Raf Ömrü

Aquafabalı mayonez örneği 37 °C’de, 5 gün boyunca etüvde bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda yapılan analizlerin sonuçları Çizelge 3.15’te gösterilmektedir. Aquafaba ile üretilen mayonezin analiz sonuçları 37°C depolama öncesi değerlerle karşılaştırılmıştır. Aradaki farklılığın anlamlılık düzeyi *t* testi yapılarak istatistiksel olarak incelenmiştir.

Çizelge 3.17: Raf ömrü sonrasında mayonez örneklerinin sonuçları.

	0. gün	5. gün
°Brix	11,20±0,3 ^a	9,5±0,1 ^b
pH	3,40±0,02 ^a	3,5±0,02 ^b
Asitlik (g/100g)	0,3±0,03 ^b	0,6±0,1 ^a
Bostwick değeri (cm)	1,1-1,37 ^a	0,7-0,9 ^a

*Aynı satırdaki farklı küçük harfler ile gösterilmiş değerler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmaktadır ($p<0,05$).

Raf ömrü sonrasında yapılan analiz sonuçları ile ilk gün ki analiz sonuçları arasında anlamlı bir fark olup olmadığını inceleyebilmek için *t* testi uygulanmıştır. °Brix değeri öncesinde ölçülen değere göre daha düşük olarak ölçülmüştür. Mikroorganizma

faaliyeti sonucunda yapıdaki suda çözünebilen yapılar çözünemez forma geçmesiyle birlikte °Brix miktarında azalma gözlemlenmiştir. Ortamdaki mikroorganizma faaliyeti sonucunda ürünün asitliği önemli düzeyde artmıştır. Test sonrasında ürün mikrobiyal faaliyet sebebiyle koku yönünden de daha asidik bir karaktere sahip olduğu duyusal olarak da gözlemlenmiştir. Yapıdaki suyun buharlaşması sebebiyle ürünün kıvamında bir artış gözlemlenmiştir. Bostwick değerinde 30. ve 60. sn'de daha kısa bir yol almıştır fakat kıvamdaki bu artış istatistiksel olarak önemli düzeyde değildir. *t* testi sonucuna göre Bostwick değerleri arasında önemli bir fark bulunmazken, °Brix, asitlik ve pH değerleri arasında önemli bir farklılık bulunmuştur.

Yapılan bir çalışmada nohutlar 120 derecede 35 dk pişirilmiş ve elde edilen aquafaba ile mayonez üretilmiştir. Sonuçlara göre aquafaba ile üretilen mayonezin raf ömrü yumurta içeren mayoneze göre daha uzun, fizikokimyasal ve duyusal özellikler bakımından kabul edilebilir düzeyde olduğu sonucuna ulaşılmıştır (de Menezes ve diğ., 2022). Bu tez çalışması kapsamında üretilen ürün 37°C'de 5 gün depolandıktan sonra bozulma belirtileri göstermiştir. Şekil 3.36'daki görsel incelendiğinde kapalı bir kapta sıcaklıkla birlikte hem buharlaşmanın olması hem de mikroorganizma faaliyeti sonucunda oluşan gaz ile emülsiyonun homojen yapısının bozulmasına sebep olmuştur. Şekil 3.36'da görüldüğü gibi test sonrasında gözenekli bir yapı oluşmuştur. Karıştırıldığında eski homojen haline dönmüştür.



Şekil 3.36: Örneğin raf ömrü testi bittikten sonraki görünümü.

Duyusal olarak incelendiğinde ürünün konulduğu kaplarda mikroorganizma faaliyeti sonucu gaz basıncı artmış ve kabın yapısal şekli bozulmuştur. Konulduğu kaplar ilk açıldığında kimyasal bir koku algılanmıştır. Ürün rengi incelendiğinde stabilite sonrasında daha sarımsak ve daha mat bir renk gözlemlenmiştir. Şekil 3.36 ve 3.37'de raf ömrü testi öncesi ve sonrası mayonez örnekleri görülmektedir. Raf ömrü testi sonunda ürünün tadımı yapılamadığı için lezzet özellikleri değerlendirilememekle birlikte; sadece görsel olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 3.37: Raf ömrü testi öncesi.



Şekil 3.38: Raf ömrü testi sonrası.



SONUÇ VE ÖNERİLER

Nohuttan üretilen aquafabanın haşlama koşullarının köpük özellikleri ve emülsiyon kapasitesi üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında pH, süre ve katı-sıvı oranının etkisi araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar ve YYM ile elde edilen tüm grafik ve veriler incelendiğinde köpük oluşturma kapasitesi, köpük stabilitesi ve emülsiyon aktivite indeksi için katı-sıvı oranının 0,25 civarında ve sürenin 70 dk'nın üzerinde olduğu durumlarda maksimum değerler elde edilmiştir. Köpük oluşturma kapasitesi ve stabilitesi için pH 4 civarında, emülsiyon aktivite indeksi için ise pH 2 seviyelerinde maksimum seviyelere ulaşılmıştır. Optimize edilen örneklerin validasyonu yapıldığında benzer eğilimler elde edilmiştir.

Optimize örnek üzerinden yapılan bitkisel kaynaklı mayonez ile piyasadaki temin edilen standart mayonez ve vegan mayonez karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde aquafaba ile üretilen örneğin asitlik değeri, °Brix değeri ve kıvamı piyasadaki alınan ticari ürünlere göre daha düşük olarak ölçülmüştür. Bu farklılıklar aquafaba ile üretilen mayonezin formülasyonunda yapılacak revizyonlarla birlikte elimine edilebilir.

Genel olarak üretilen aquafabanın mayonezde kullanılma potansiyeli yüksektir. Duyusal analiz sırasında tadım yapan panelistler tarafından kabul edilebilir düzeyde olduğu, tadının beklenilenden iyi olduğu belirtilmiştir.

Aquafabanın karakterini etkileyen birçok çevresel faktör vardır. Bu çalışma kapsamında sadece katı-sıvı oranı, pH ve sürenin etkisi incelenmiştir. Fakat yapılacak diğer çalışmalarda sıcaklık, basınç, suda bekletme süresi, bekletilen suyun sıcaklığı, tuz gibi katkı maddeleri ilavesi, ultra ses gibi yenilikçi teknolojilerin aquafabanın fonksiyonel özellikleri üzerindeki etkisi incelenebilir.

Aquafabanın mayonezde kullanımıyla ilgili formülasyondaki nişasta ve gam içerikleri çalışılarak kıvam ve °Brix değerleri açısından piyasadaki ürünlere yaklaştırılabilir. Formülasyona doğal renklendirici ilavesi ile duyusal olarak istenen sarımsı renk tonu elde edilebilir. Formülasyona laktik asit ilavesi yapılarak mayonezin tadı geliştirilirken; aynı zamanda ürünün raf ömrü arttırılabilir.

Sonuç olarak aquafaba kullanılarak başarılı bir şekilde mayonez üretilmiştir. Bu alışma kapsamında atık olarak nitelendirilen aquafaba değerlendirilmiş olup; bu konuyla ilgili ileride yapılacak çalışmalara destek olacaktır.



KAYNAKLAR

- Akhtar, G., & Masoodi, F. A.** (2022). Structuring Functional Mayonnaise incorporated with Himalayan walnut oil Pickering emulsions by ultrasound assisted emulsification. *Ultrasonics Sonochemistry*, 106022.
- Akpınar, A., Gizem, E. R. K., & Seven, A.** (2019). Vegan ve vejetaryan beslenmede probiyotik bitkisel bazlı süt ürünlerinin yeri. *Gıda*, 44(3), 453-462.
- Ali, M. R., & EL Said, R. M.** (2020). Assessment of the potential of Arabic gum as an antimicrobial and antioxidant agent in developing vegan “egg-free” mayonnaise. *Journal of Food Safety*, 40(2), e12771.
- Als Salman, F. B., Tulbek, M., Nickerson, M., & Ramaswamy, H. S.** (2020). Evaluation and optimization of functional and antinutritional properties of aquafaba. *Legume Science*, 2(2), e30.
- Als Salman, F. B., Tulbek, M., Nickerson, M., & Ramaswamy, H. S.** (2020A). Evaluation of factors affecting aquafaba rheological and thermal properties. *LWT*, 132, 109831.
- Als Salman, F. B., & Ramaswamy, H. S.** (2021A). Evaluation of changes in protein quality of high-pressure treated aqueous aquafaba. *Molecules*, 26(1), 234.
- Als Salman, F. B., Tulbek, M., Nickerson, M., & Ramaswamy, H. S.** (2020). Evaluation of factors affecting aquafaba rheological and thermal properties. *LWT*, 132, 109831.
- Als Salman, F. B., & Ramaswamy, H. S.** (2021). Changes in carbohydrate quality of high-pressure treated aqueous aquafaba. *Food hydrocolloids*, 113, 106417.
- Andersson, I.** (2015). Building texture-The impact of mixing and recipe parameters on mayonnaise quality.
- Aslan, M., & Ertas, N.** (2021). Foam drying of aquafaba: Optimization with mixture design. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(3), e15185.
- Buhl, T. F., Christensen, C. H., & Hammershøj, M.** (2019). Aquafaba as an egg white substitute in food foams and emulsions: Protein composition and functional behavior. *Food Hydrocolloids*, 96, 354-364.
- Carcelli, A., Crisafulli, G., Carini, E., & Vittadini, E.** (2020). Can a physically modified corn flour be used as fat replacer in a mayonnaise?. *European Food Research and Technology*, 246(12), 2493-2503.
- Costa, R., Fusco, F., & Gândara, J. F.** (2018). Mass transfer dynamics in soaking of chickpea. *Journal of Food Engineering*, 227, 42-50.
- Crujeiras, A. B., Parra, D., Abete, I., & Martínez, J. A.** (2007). A hypocaloric diet enriched in legumes specifically mitigates lipid peroxidation in obese subjects. *Free radical research*, 41(4), 498-506.

- de Menezes, R. C. F., de Carvalho Gomes, Q. C., de Almeida, B. S., de Matos, M. F. R., & Pinto, L. C.** (2022). Plant-based mayonnaise: Trending ingredients for innovative products. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 100599.
- Desalegn, B. B.** (2015). Effect of soaking and germination on proximate composition, mineral bioavailability and functional properties of chickpea flour. *Food and Public Health*, 5(4), 108-113.
- Echeverria-Jaramillo, E., Kim, Y. H., Nam, Y. R., Zheng, Y. F., Cho, J. Y., Hong, W. S., ... & Shin, W. S.** (2021). Revalorization of the cooking water (Aquafaba) from soybean varieties generated as a by-product of food manufacturing in Korea. *Foods*, 10(10), 2287.
- Escobar-Sáez, D., Montero-Jiménez, L., García-Herrera, P., & Sánchez-Mata, M. C.** (2022). Plant-based drinks for vegetarian or vegan toddlers: Nutritional evaluation of commercial products, and review of health benefits and potential concerns. *Food Research International*, 160, 111646.
- Faostat, F.** (2019). FAOSTAT statistical database. Publisher: FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), Rome, Italy.
- Faezeh H., Aryou E., Mostafa K** (2022) Evaluation of microbial and physicochemical properties of mayonnaise containing zinc oxide nanoparticles, *LWT*.
- Giacintucci, V., Di Mattia, C., Sacchetti, G., Neri, L., & Pittia, P.** (2016). Role of olive oil phenolics in physical properties and stability of mayonnaise-like emulsions. *Food chemistry*, 213, 369-377.
- Grossi Bovi Karatay, G., Medeiros Theóphilo Galvão, A. M., & Dupas Hubinger, M.** (2022). Storage Stability of Conventional and High Internal Phase Emulsions Stabilized Solely by Chickpea Aquafaba. *Foods*, 11(11), 1588.
- Gökmen, M. S., Doğan, İ., & Aydoğan, H.** (2021). Yanıt Yüzey Metodolojisi Kullanılarak 1-Propanol/Benzin Yakıt Karışımlarının Egzoz Emisyonlarına Etkisinin Araştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (24), 67-74.
- Hakimian, F., Emamifar, A., & Karami, M.** (2022). Evaluation of microbial and physicochemical properties of mayonnaise containing zinc oxide nanoparticles. *LWT*, 113517.
- He, Y., Meda, V., Reaney, M. J., & Mustafa, R.** (2021a). Aquafaba, a new plant-based rheological additive for food applications. *Trends in Food Science & Technology*, 111, 27-42.
- He, Y., Purdy, S. K., Tse, T. J., Tar'an, B., Meda, V., Reaney, M. J., & Mustafa, R.** (2021b). Standardization of aquafaba production and application in vegan mayonnaise analogs. *Foods*, 10(9), 1978.
- He, Y., Shim, Y. Y., Mustafa, R., Meda, V., & Reaney, M. J.** (2019). Chickpea cultivar selection to produce aquafaba with superior emulsion properties. *Foods*, 8(12), 685.
- Huang, L., Wang, T., Han, Z., Meng, Y., & Lu, X.** (2016). Effect of egg yolk freezing on properties of mayonnaise. *Food Hydrocolloids*, 56, 311-317.

- Iqbal, A., Ateeq, N., Khalil, I. A., Perveen, S., & Saleemullah, S.** (2006). Physicochemical characteristics and amino acid profile of chickpea cultivars grown in Pakistan. *Journal of Foodservice*, 17(2), 94-101.,
- Karas, R., Skvarča, M., & Žlender, B.** (2002). Sensory quality of standard and light mayonnaise during storage. *Food Technology and Biotechnology*, 40(2), 119-127.
- Koçak, S.** (2006). Mayonezde mikrobiyolojik raf ömrü (Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- Lafarga, T., Villaró, S., Bobo, G., & Aguiló-Aguayo, I.** (2019). Optimisation of the pH and boiling conditions needed to obtain improved foaming and emulsifying properties of chickpea aquafaba using a response surface methodology. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 18, 100177.
- Li, S., Jiao, B., Meng, S., Fu, W., Faisal, S., Li, X., ... & Wang, Q.** (2022). Edible mayonnaise-like Pickering emulsion stabilized by pea protein isolate microgels: Effect of food ingredients in commercial mayonnaise recipe. *Food Chemistry*, 376, 131866.
- Lu, Z., Zhou, S., Ye, F., Zhou, G., Gao, R., Qin, D., & Zhao, G.** (2021). A novel cholesterol-free mayonnaise made from Pickering emulsion stabilized by apple pomace particles. *Food Chemistry*, 353, 129418.
- Makri, E., Papalamprou, E., & Doxastakis, G.** (2005). Study of functional properties of seed storage proteins from indigenous European legume crops (lupin, pea, broad bean) in admixture with polysaccharides. *Food Hydrocolloids*, 19(3), 583-594.
- Martínez, K. A. A., & Mejia, E. G.** (2021). Comparison of five chickpea varieties, optimization of hydrolysates production and evaluation of biomarkers for type 2 diabetes. *Food Research International*, 147, 110572.
- Meurer, M. C., de Souza, D., & Marczak, L. D. F.** (2020). Effects of ultrasound on technological properties of chickpea cooking water (aquafaba). *Journal of Food Engineering*, 265, 109688.
- Mishra, P., van Dijk, M., Wintermeyer, C., Sabater, C., Bot, A., Verkleij, T., & Broeze, J.** (2022). At-line and inline prediction of droplet size in mayonnaise with near-infrared spectroscopy. *Infrared Physics & Technology*, 123, 104155.
- Mustafa, R., He, Y., Shim, Y. Y., & 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.
- Mustafa, R., & Reaney, M. J.** (2020). Aquafaba, from food waste to a value-added product. *Food Wastes and By-products: Nutraceutical and Health Potential*, 93-126.
- Nazarpour, M., Taghizadeh-Alisaraei, A., Asghari, A., Abbaszadeh-Mayvan, A., & Tatari, A.** (2022). Optimization of biohydrogen production from microalgae by response surface methodology (RSM). *Energy*, 124059.
- Ozcan, I., Ozyigit, E., Erkoc, S., Tavman, S., & Kumcuoglu, S.** (2023). Investigating the physical and quality characteristics and rheology of mayonnaise containing aquafaba as an egg substitute. *Journal of Food Engineering*, 344, 1113

- Ozdemir, N., Bayrak, A., Tat, T., Yanık, Z. N., Altay, F., & Halkman, A. K.** (2021). Fabrication and characterization of basil essential oil microcapsule-enriched mayonnaise and its antimicrobial properties against *Escherichia coli* and *Salmonella Typhimurium*. *Food Chemistry*, 359, 129940.
- Önder, B.** (2019). Bazı salata soslarının fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinin belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Patrascu, L. V.** (2019). Study on the utilization of native and germinated legume proteins as food emulsifiers. *Journal of Biotechnology*, 305, S54.
- Pradhananga, M., & Adhikari, B.** (2015). Sensory and quality evaluation of mayonnaise and its effect on storage stability. *Sunsari Technical College Journal*, 2(1), 48-53.
- Raikos, V., Hayes, H., & 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.
- Raikos, V., Juskaite, L., Vas, F., & Hayes, H. E.** (2020). Physicochemical properties, texture, and probiotic survivability of oat-based yogurt using aquafaba as a gelling agent. *Food Science & Nutrition*, 8(12), 6426-6432.
- Rüzgar, H., & Yazıcı, Ş.** (2022) alıç meyvesinden sanayiye uygun alıç püresi üretimi. *Gıda*, 47(3), 447-456.
- Serventi, L., Gao, C., Chen, M., & Chelikani, V.** (2020). Cooking Water Functional Properties. In *Upcycling Legume Water: from wastewater to food ingredients* (pp. 87-103). Springer, Cham.
- Stantiall, S. E., Dale, K. J., Calizo, F. S., & Serventi, L.** (2018). Application of pulses cooking water as functional ingredients: The foaming and gelling abilities. *European Food Research and Technology*, 244(1), 97-104.
- Stremmel, G., Elshiewy, O., Boztug, Y., & Carneiro-Otto, F.** (2022). Vegan labeling for what is already vegan: Product perceptions and consumption intentions. *Appetite*, 175, 106048.
- Szulc, K.** (2021). Assessment of the Possibility of Using Aquafaba in the Production of Vegetable Emulsions®. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*.
- Than, W. T., & Win, S.** (2020) The Effects of Various Food Stabilizers on Quality Evaluation of Low Fat Mayonnaise (Doctoral dissertation, MERAL Portal).
- Tüfekci, H. B., & Fenercioğlu, H.** (2010). Türkiye’de üretilen bazı ticari meyve sularının kimyasal özellikler açısından gıda mevzuatına uygunluğu. *Akademik Gıda*, 8(2), 11-17.
- Tufaro, D., & Cappa, C.** (2023). Chickpea cooking water (Aquafaba): Technological properties and application in a model confectionery product. *Food Hydrocolloids*, 136, 108231.
- Wang, J., Li, Y., Li, A., Liu, R. H., Gao, X., Li, D., ... & Xue, Z.** (2021). Nutritional constituent and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): A review. *Food Research International*, 150, 110790.

- Włodarczyk, K., Zienkiewicz, A., & Szydłowska-Czerniak, A.** (2022). Radical scavenging activity and physicochemical properties of aquafaba-based mayonnaises and their functional ingredients. *Foods*, 11(8), 1129.
- Xiao, S., Li, Z., Zhou, K., & Fu, Y.** (2022). Chemical composition of kabuli and desi chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars grown in Xinjiang, China. *Food Science & Nutrition*.
- Xipsiti, M., Marzara, S., & Calles, T.** (2017). International Year of Pulses: Keeping the momentum beyond 2016.





EKLER

EK-A

Mayonez Duyusal Analiz Formu

Anket formu iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde demografik sorular yer almaktadır. İkinci bölümde ise tattığınız örneklerin duysal özelliklerini ölçmeye yönelik sorular bulunmaktadır. Soruları cevaplandırırken “doğru” ve “objektif” bir şekilde değerlendiriniz.

Yaş:

Cinsiyet: Kadın ☐ Erkek ☐

- Ürünler arasında bir fark var mı, fark var ise farklılığın yönünü belirtiniz.
Koku ☐ Ağız hissi ☐ Tat ☐ Renk ☐
- Size sunulan ürünlerden hangisini tercih edersiniz?
- Diğer ürünleri seçmeme nedeniniz nedir?

Diğer ürünleri tercih etmedim

çünkü.....

- Piyasadan temin edilen vegan mayonez ile bu çalışma için üretilen mayonez arasında fark var mı, varsa farklılığın sebebi nedir?
Koku ☐ Ağız hissi ☐ Tat ☐ Ürün yapısı ☐
- Tercih ettiğiniz ürün raflarda tüketiciye sunulursa satın alır mısınız?
Evet ☐ Hayır ☐

2. Tabloda belirtilen tanımlayıcı parametreler için 1’den 5’e kadar puanlama yapınız.

1-Hiç beğenmedim

2-Biraz beğenmedim

3-Ne beğendim ne beğenmedim

4-Biraz beğendim

5-Çok beğendim

Parametreler	Aquafabalı mayonez	Piyasadan temin edilen standart mayonez	Piyasadan temin edilen vegan mayonez
Renk			
Tat			
Ağız hissi			
Ekşilik			
Viskozite			
Sürülebilirlik			
Koku			
Yabancı tat			
Genel kabul edilebilirlik			



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Mine BÜKER

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans:** 2020, Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya metalurji fakültesi, Gıda Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- Aksuvital Doğal Ürünleri San. A.Ş şirketin OCAK 2019–ŞUBAT 2019 tarihlerinde Ar-Ge ve Kalite Kontrol Laboratuvarı’nda staj
- İstanbul Halk Ekmek A.Ş.’de OCAK 2020–ŞUBAT 2020 Fabrikanın üretim ve kalite departmanlarında staj
- Döhler Gıda şirketinde Ekim 2021- Eylül 2022 tarihleri arasında Laboratuvar Asistanı pozisyonu
- Döhler Gıda şirketinde Eylül 2022 itibariyle Application Developer pozisyonu

YÜKSEK LİSANS TEZİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- INTERNATIONAL GRADUATE RESEARCH SYMPOSIUM, Haziran 2022

DİĞER YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

Büker, M., Angın, P., Nurman, N., Rasouli Pirouzian, H., Akdeniz, E., Toker, O. S., ... & Tamtürk, F. (2021). Effects of apple pomace as a sucrose substitute on the quality characteristics of compound chocolate and spread. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(10), e15