



**SAĞIM SİSTEMLERİNDE UV-C İŞINLAMA  
İLE SÜTÜN MİKROBİYOLOJİK  
KALİTESİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ**

**Azize ATİK**

**Doktora Tezi**

**Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Prof. Dr. Tuncay GÜMÜŞ**

**T.C.**  
**TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOKTORA TEZİ**

**SAĞIM SİSTEMLERİNDE UV-C IŞINLAMA İLE SÜTÜN  
MİKROBİYOLOJİK KALİTESİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ**

**Azize ATİK**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN: Prof. Dr. Tuncay GÜMÜŞ**

**TEKİRDAĞ-2020**

**Her hakkı saklıdır.**



Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde eksiksiz biçimde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Azize ATİK

İMZA



Bu tez NKÜBAP tarafından NKÜBAP.03.GA.20.238 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Prof. Dr. Tuncay GÜMÜŞ danışmanlığında, Azize ATİK tarafından hazırlanan “Sağım Sistemlerinde UV-C Işınlama İle Sütün Mikrobiyolojik Kalitesinin İyileştirilmesi” başlıklı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından 17.07.2020 tarihinde Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Doktora tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ

*İmza:*

Üye : Prof. Dr. Tuncay GÜMÜŞ

*İmza:*

Üye : Prof. Dr. Ömer ÖKSÜZ

*İmza:*

Üye : Prof. Dr. Mehmet ALPASLAN

*İmza:*

Üye : Doç. Dr. Salih KARASU

*İmza:*

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Doç.Dr. Bahar UYMAZ  
Enstitü Müdürü

## ÖZET

Doktora Tezi

### SAĞIM SİSTEMLERİNDE UV-C IŞINLAMA İLE SÜTÜN MİKROBİYOLOJİK KALİTESİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ

**Azize ATİK**

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Tuncay GÜMÜŞ

Bu çalışmada, sağım sistemlerinde farklı dozlarda UV-C ışın uygulaması ile sütün yapısını bozmadan mikrobiyal yükünün azaltılması amaçlanmıştır. Çalışma, çiğ süte farklı sıcaklık ve sürelerde UV-C ışın uygulanması ile sütün mikrobiyal yükünün azaltılması ve UHT süte bazı patojen bakterilerin belirli oranlarda inoküle edilerek farklı dozlarda UV-C ışın uygulamasının patojen bakteriler üzerine etkisinin incelenmesi olmak üzere iki aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda UV-C uygulamasının Toplam Mezofil Aerobik Bakteri (TMAB) sayısında yaklaşık 2-3 log'luk azalmaya neden olurken, toplam maya-küf, toplam koliform grubu bakteri, *Staphylococcus aureus* ve *Escherichia coli* sayısının tespit edilemeyecek düzeye kadar düşürdüğü tespit edilmiştir. UHT süte inoküle edilen *Salmonella* Typhimurium sayısında 1,95-2,81 log, *Listeria monocytogenes* sayısında yaklaşık 3 log, *S. aureus* sayısında 1,9-2,76 log azalma olduğu ve *E. coli* için ise tespit edilemeyecek düzeye indiği belirlenmiştir. UV-C uygulamasının pH üzerine etkisi olmadığı, sütün viskozitesinin ise uygulanan ışın dozu arttıkça azaldığı tespit edilmiştir. UV-C'nin L ve b değerlerinde kontrol grubuna göre azalışa a değerinde ise artışa neden olduğu, UV-C uygulama sonrası renk ölçümü yapılan sütlerde toplam renk değişiminin ( $\Delta E$ ) değerlerinin ise yüksek olduğu tespit edilmiştir. Sütün serbest yağ asitliği UV-C uygulaması ile artmış, kolesterol miktarında ise UV-C uygulaması sırasında quartz cam üzerinde kalan yağ miktarına bağlı olarak azalış olduğu belirlenmiştir. UV-C uygulaması sütte bulunan 7-dehidrokolesterolü D<sub>3</sub> vitaminine dönüştürerek D<sub>3</sub> konsantrasyonunda artış sağlamıştır. UV-C'nin sütün yağ asidi kompozisyonu üzerinde etkisinin olduğu belirlenmiştir. C4:0 ve C12:0 miktarlarında uygulanan doz arttıkça, C8:0 ve C10:0 miktarlarında ise tüm uygulamalarda oransal bir azalış meydana gelmiştir. UV-C'nin C18:0 ve C18:1 miktarlarında artışa neden olduğu, C18:2, C18:3n6 ve C18:3n3 miktarlarının 60 J/mL doz uygulamasında arttığı diğer doz uygulamalarında oransal olarak azaldığı belirlenmiştir. UV-C, işlem görmemiş sütte tespit edilen karbon disülfid miktarının oransal olarak artmasına, işlem görmemiş çiğ sütte tespit edilemeyen 3-metil bütanal, 2-metil bütanal, izobütiraldehit, 2-N-propil-5-oksohegzanal, 2,3,5,6 tetra-kloro-fenil metil sülfoksit, 2-metil pentanal bileşenlerinin düşük oranda da olsa oluşumuna neden olmuştur. Sütün duyuşal değerlendirilmesinde, genel olarak uygulanan ışın dozu arttıkça süt örneklerinin aldığı puan değerleri düşmüştür. Tüm duyuşal değerlendirme kriterlerinde en yüksek puanı 18 mL/dk (60 J/mL doz UV-C) akış hızında UV uygulanan örnekler almıştır. Çiğ süte UV-C uygulaması ile yüksek dozda mikrobiyal yük çok azalmış sütün bazı fizikokimyasal ve duyuşal özelliklerinde bazı değişimler tespit edilmiştir. Sonuç olarak, sütün duyuşal özellikleri ve fizikokimyasal özellikleri değişmeden yaklaşık 60 J/mL doz UV-C uygulaması ile bakteriyel yükü 2-3 log azaltılabileceği düşünülmektedir. Bu düzeyde UV-C uygulaması ile mikrobiyal yükü azaltılmış süt için pastörizasyonunda kullanılan sıcaklık ve süre normlarının düşürülmesi ile hem düşük enerji tüketiminin sağlanması, hem de sütün kendine has besleyici ve aromatik özelliklerinin korunması sağlanabilir. Süt sağım sistemlerinde süt akış hızının bu çalışmada kullanılan akış hızından fazla olması nedeniyle UV-C sisteminin sağım sistemine entegre edilebilmesi için daha yüksek UV-C çıkış gücüne sahip ve çoklu lamba içeren kolonların kullanılması gerektiğini göstermektedir. Bu nedenle endüstriyel boyutta UV-C sistemi üzerine çalışma yapmadan önce pilot/laboratuvar ölçekli çoklu lamba içeren UV-C kolonu ile farklı akış hızlarında çalışma yapılması daha belirleyici sonuçlar elde etmek için önerilmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Süt, UV-C, Mikrobiyal kalite, Fizikokimyasal özellikler

2020, 172 sayfa

## ABSTRACT

PhD Thesis

### IMPROVEMENT OF MICROBIOLOGICAL QUALITY OF MILK BY UV-C IRRADIATION IN MILKING SYSTEMS

**Azize ATİK**

Tekirdağ Namık Kemal University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Tuncay GÜMÜŞ

In this study, it was aimed to reduce the microbial load in milking systems by applying different doses of UV-C radiation without alteration of the structure of milk. The study was carried out in two stages: The reduction of microbial load of raw milk by UV-C radiation application at different temperatures and durations and the examination of the effect of UV-C radiation application on pathogenic bacteria by inoculating certain pathogenic bacteria to the UHT milk proportionately. As a result of the study, it was detected that the application of UV-C caused a decrease of 2-3 log in the total number of Total Mesophilic Aerobic Bacteria (TMAB), while it decreased the number of the total yeast-mold, total coliform group bacteria, *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* to an undetectable level. It was determined that there was a decrease of 1,95-2,81 log for the number of *Salmonella* Typhimurium, approximately 3 log for the number of *Listeria monocytogenes*, 1,9-2,76 log for the number of *S. aureus* in which the number of *E. coli* reach to an undetectable level in certain pathogenic bacteria inoculated UHT milk. It has been determined that UV-C application does not have an effect on the pH values, while the viscosity of the milk decreases as the applied radiation dose increases. It was determined that UV-C caused a decrease in L and b values and an increase in a value compared to the control group and the total color change ( $\Delta E$ ) values were high in the milk whose color was measured after UV-C application. The free fatty acidity of milk increased with UV-C application, and cholesterol amount decreased during UV-C application depending on the amount of oil remaining on the quartz glass. UV-C application transformed the 7-dehydrocholesterol in milk into vitamin D<sub>3</sub>, resulting in an increase in D<sub>3</sub> concentration. It was determined that UV-C had an effect on milk fatty acid composition. A decrease was occurred in C4:0 and C12:0 amounts as the dose applied increased while a proportional decrease was occurred in C8:0 and C10:0 amounts in all applications. It was determined that UV-C caused an increase in C18:0 and C18:1 amounts, while it caused a proportionally decrease in all applications for C18:2, C18:3n6 and C18:3n3 amounts except 60 J / mL dosing. UV-C increased the amount of carbon disulfide proportionally detected in untreated milk while it caused the formation of 3-methyl butanal, 2-methyl butanal, isobutyraldehyde, 2-N-propyl-5-oxohexanal, 2,3,5,6 tetra-chloro-phenyl methyl sulfoxide, 2-methyl pentanal components even at a low rate which cannot be detected in unprocessed raw milk. In the sensory evaluation of milk, generally as the applied radiation dose increases, the obtained score values for milk samples decreased. UV-treated samples at a flow rate of 18 mL/min (60 J/mL dose UV-C) received the highest score in all sensory evaluation criteria. With the application of UV-C to raw milk, high doses of microbial load decreased so much but some changes in some physicochemical and sensory properties of milk were detected. As a result, it is thought that the bacterial load can be reduced by 2-3 logs by applying approximately 60 J/mL dose of UV-C without changing the sensory and physicochemical properties of milk. With this level of UV-C application, by reducing the temperature and time norms used in pasteurization of milk with reduced microbial load, both low energy consumption and preservation of unique nutritional and aromatic properties of milk can be achieved. Since the milk flow rate in milking systems is higher than the flow rate used in this study, it indicates that columns with higher UV-C output power and multiple lamps should be used in order to integrate the UV-C system into the milking system. For this reason, it is recommended to work at different flow rates with a pilot/laboratory scale multi-lamp UV-C column before working on an industrial-size UV-C system to achieve more deterministic results.

**Key words:** Milk, UV-C, Microbial quality, Physicochemical properties

**2020, 172 pages**

## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iii</b>
<b>ÇİZELGE DİZİNİ</b> .....	<b>v</b>
<b>ŞEKİL DİZİNİ</b> .....	<b>vi</b>
<b>SİMGELER ve KISALTMALAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>xi</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. LİTERATÜR BİLGİSİ</b> .....	<b>4</b>
2.1. Sütün Bileşimi ve Beslenme Açısından Önemi .....	5
2.2. Dünyada ve Türkiye’de Süt Üretimi ve Tüketimi .....	8
2.3. Ultraviyole Işımlar .....	10
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	<b>16</b>
3.1. Materyal .....	16
3.2. Yöntem .....	17
3.2.1. Deneme Planı .....	17
3.2.2. Sütün Pastörizasyonu .....	18
3.2.3. Süte UV-C Uygulanması .....	18
3.2.4. UV-C Reaktörün Temizlenmesi .....	20
3.2.5. UV-C Işın Dozunun Hesaplanması .....	20
3.2.6. Reynolds (Re) Sayısının Hesaplanması .....	20
3.2.7. Mikrobiyolojik Analizler .....	21
3.2.8. Fizikokimyasal Analizler .....	23
3.2.9. Duyusal Analizler .....	27
3.2.10. İstatistiksel Analizler .....	29
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA</b> .....	<b>30</b>
4.1. Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları .....	30
4.2. Fizikokimyasal Analiz Sonuçları .....	45
4.2.1. UV-C’nin Sütün pH Değeri ve Viskozite Üzerine Etkisi .....	45
4.2.2. UV-C’nin Sütün Renk Değerleri (L, a, b) Üzerine Etkisi .....	49
4.2.3. UV-C’nin Sütün Serbest Yağ Asitliği (SYA), Kolesterol ve Vitamin D <sub>3</sub> Üzerine Etkisi .....	54



4.2.4. UV-C'nin Sütün Yağ Asidi Kompozisyonu Üzerine Etkisi .....	60
4.2.5. UV-C'nin Sütün Oksidatif Aroma Bileşenleri Üzerine Etkisi .....	84
4.3. UV-C'nin Sütün Duyusal Özellikleri Üzerine Etkisi .....	89
4.4. Sağım Sistemlerinde UV-C Uygulama Potansiyeli .....	93
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>96</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>100</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>111</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>167</b>



## ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge 2.1. İnek sütünün ortalama bileşimi .....	6
Çizelge 2.2. İnek sütünde bulunan bazı vitaminlerin miktarları (100 gram süt için).....	7
Çizelge 3.1. UV-C uygulamasının kullanıldığı Cevap Yüzey Yöntemine göre 16 farklı deney noktaları ve örnek kodları.....	17
Çizelge 3.2. Süt ve ürünlerinin duysal değerlendirme ölçęi hazırlanırken göz önünde tutulması gereken ölçütler.....	27
Çizelge 3.3. Alman Tarım Teşkilatı (DLG) tarafından hazırlanmış “çiğ sütlerde” puanla değerlendirme çizelgesi.....	28
Çizelge 4.1. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış çiğ sütlerin mikrobiyolojik analiz sonuçları ( $\log_{10}$ kob/mL) .....	30
Çizelge 4.2 Patojen bakteri ilave edilerek farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış UHT sütlerin mikrobiyolojik analiz sonuçları ( $\log_{10}$ kob/mL).....	36
Çizelge 4.3 Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış süt örneklerine ait pH değeri ve Viskozite sonuçları .....	46
Çizelge 4.4. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış süt örneklerinin renk değeriindeki değişim .....	50
Çizelge 4.5. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış çiğ süt örneklerinin serbest yağ asitliği (SYA), kolesterol ve vitamin D <sub>3</sub> değeri .....	55
Çizelge 4.6. Çiğ ve farklı dozlarda UV-C uygulanmış süt örneklerinin doymuş yağ asitleri sonuçları (%).....	61
Çizelge 4.7. Çiğ ve farklı dozlarda UV-C uygulanmış süt örneklerinin doymamış yağ asitleri sonuçları (%).....	75
Çizelge 4.8. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış ve uygulanmamış çiğ sütlerin oksidatif aroma bileşenleri sonuçları (%).....	85
Çizelge 4.9. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış ve uygulanmamış çiğ süt örneklerinin duysal özellikleri .....	89

## ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 2.1. UV ışınların dezenfektan etkisi.....	11
Şekil 2.2. UV ışın ile DNA yapısında meydana gelen bozulma .....	11
Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan UV-C Ünitesi.....	18
Şekil 3.2. UV-C kolon.....	19
Şekil 3.3. UV-C reaktör.....	19
Şekil 3.4. Süt örnekleri için duyu analizi formu .....	29
Şekil 4.1. TMAB için inaktivasyon grafiği .....	32
Şekil 4.2. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış çiğ sütlerin TMAB sayısındaki değişim.	33
Şekil 4.3. <i>S. Typhimurium</i> için inaktivasyon grafiği .....	37
Şekil 4.4. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulaması ile UHT sütlerin <i>S. Typhimurium</i> sayısındaki değişim .....	38
Şekil 4.5. <i>L.monocytogenes</i> için inaktivasyon grafiği.....	39
Şekil 4.6. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulaması ile <i>L. monocytogenes</i> sayısındaki değişim .....	40
Şekil 4.7. <i>S. aureus</i> için inaktivasyon grafiği.....	41
Şekil 4.8. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulaması ile <i>S.aureus</i> sayısındaki değişim .....	42
Şekil 4.9. <i>E. coli</i> için inaktivasyon grafiği .....	43
Şekil 4.10. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulaması ile <i>E.coli</i> sayısındaki değişim.....	44
Şekil 4.11. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış çiğ sütlerin pH değeri ve Viskozite değerlerindeki değişim .....	48
Şekil 4.12. Farklı dozlarda UV-C uygulanmış süt örneklerinin renk değerlerindeki ortalama değişim	52
Şekil 4.13. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış çiğ sütlerin L, a, b ve ΔE değerlerindeki değişim .....	53
Şekil 4.14. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış çiğ sütlerin SYA değerlerindeki değişim .....	56
Şekil 4.15. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış çiğ sütlerin kolesterol miktarlarındaki değişim .....	57
Şekil 4.16. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış çiğ sütlerin vitamin D <sub>3</sub> miktarlarındaki değişim .....	59
Şekil 4.17. Farklı dozlarda UV-C uygulanmış çiğ sütlerin Bütirik asit (C4:0), Kaproik asit (C6:0), Kaprilik asit (C8:0) ve Nonanoik asit (C9:0) miktarlarındaki ortalama değişim .....	62
Şekil 4.18. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış çiğ sütlerin Bütirik asit (C4:0), Kaproik asit (C6:0), Kaprilik asit (C8:0), Nonanoik asit (C9:0) miktarlarındaki değişim.....	65
Şekil 4.19. Farklı dozlarda UV-C uygulanmış sütlerin Kaprik asit (C10:0), Undekanoik asit (C11:0), Laurik asit (C12:0) ve Miristik asit (C14:0) miktarlarındaki ortalama değişim .....	66
Şekil 4.20. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış çiğ sütlerin Kaprik asit (C10:0), Undekanoik asit (C11:0), Laurik asit (C12:0) ve Miristik asit (C14:0) miktarlarındaki değişim .....	70
Şekil 4.21. Farklı dozlarda UV-C uygulanmış çiğ sütlerin Pentadekanoik asit (C15:0), Palmitik asit (C16:0), Heptadekanoik asit (C17:0) ve Stearik asit (C18:0) miktarlarındaki ortalama değişim .....	71
Şekil 4.22. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış çiğ sütlerin Pentadekanoik asit (C15:0), Palmitik asit (C16:0), Heptadekanoik asit (C17:0) ve Stearik asit (C18:0) miktarlarındaki değişim ...	74
Şekil 4.23. Farklı dozlarda UV-C uygulanmış çiğ sütlerin 6 Nanoik asit (C9:1), Miristoleik asit (C14:1), Metil 12 metilteradekanoat asit (C14:1) ve Palmitoleik asit (C16:1) miktarlarındaki ortalama değişim .....	76

Şekil 4.24. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış çiğ sütlerin 6 Nanoik asit (C9:1), Miristoleik asit (C14:1), Metil 12 metilteradekanoat asit (C14:1) ve Palmitoleik asit (C16:1) miktarlarındaki değişim.....	78
Şekil 4.25. Farklı dozlarda UV-C uygulanmış çiğ sütlerin C18:1 miktarlarındaki ortalama değişim ..	79
Şekil 4.26. Farklı dozlarda UV-C uygulanmış çiğ sütlerin Linoleik asit (C18:2), Gama-linolenik asit (C18:3n6) ve Linolenik asit (C18:3n3) miktarlarındaki ortalama değişim .....	81
Şekil 4.27. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış çiğ sütlerin Oleik asit (C18:1), Linoleik asit (C18:2), Gama-linolenik asit (C18:3n6) ve Linolenik asit (C18:3n3) miktarlarındaki değişim ....	83
Şekil 4.28. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulamanın sütte karbondisülfid, 3 metil bütanal ve 2 metil bütanal oranına etkisi .....	86
Şekil 4.29. Farklı sıcaklık ve farklı akış hızında UV-C uygulanmış çiğ sütlerin karbon disülfid, 3-metil bütanal ve 2-metil bütanal değerlerindeki değişim .....	88
Şekil 4.30. Kontrol ve UV-C uygulanmış sütlere ait duyusal analiz sonuçları .....	90
Şekil 4.31. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış çiğ sütlerin, Renk, Koku, Lezzet ve Genel beğeni değerlerindeki değişim .....	92
Şekil 4.32. UV-C sistemin sağım sistemlerine entegrasyonu.....	95

## SİMGELER VE KISALTMALAR

%	: Yüzde
$\rho$	: Yoğunluk
$\mu$	: Viskozite
$\Delta$	: Delta
$\mu\text{g}$	: Mikrogram
$\mu\text{L}$	: Mikrolitre
AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
ALOA	: Agar Listeria according to Ottaviani and Agosti
API	: Analytical Profile Index
ATCC	: American Type Culture Collection
BPA	: Baird-Parker Agar
BPW	: Tamponlu Pepton Suyu
BSA	: Bismuth Sülfite Agar
C	: Karbon
CIP	: Yerinde temizlik
cm	: Santimetre
$\text{cm}^2$	: Santimetrekare
dk	: Dakika
DLG	: Alman Tarım Teşkilatı
DNA	: Ribo Nükleik Asit
DRBC	: Dichloran Rose-Bengal Chloramphenicol Agar
EFSA	: Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi
g	: Gram
GC/MS	: Gaz Kromatografi/Kütle Spektroskopisi
HPLC	: Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografi
HTST	: High Temperature -Short Time (Yüksek Sıcaklık-Kısa Süre)
Hz	: Hertz
IU	: International unit (internasyonel-uluslararası ünite)

J	: Joule
kg	: Kilogram
kJ	: Kilojoule
kob	: Koloni Oluşturan Birim
KOH	: Potasyum Hidroksit
L	: Litre
LAB	: Laktik Asit Bakterileri
log	: Logaritma
m	: Metre
m <sup>2</sup>	: Metrekare
mg	: Miligram
mJ	: Milijoule
mL	: Mililitre
mPa.s	: Mili Paskal saniye
MRS	: Man Rogosa Sharpe
N	: Normal
NaOH	: Sodyum Hidroksit
nm	: Nanometre
°C	: Santigrat derece
PCA	: Plate Count Agar
ppm	: Parts per million (Milyonda bir)
Re	: Reynolds sayısı
SCB	: Selenite Cystine Broth
SH	: Soxhlet-Henkel
sn	: Saniye
SYA	: Serbest Yağ Asitliği
TBX	: Tryptone Bile X-glucuronide Agar
TMAB	: Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri
TS	: Türk Standartları
TS	: Türk Standartları

TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UHT	: Ultra-High Temperature
UV-A	: Ultraviyole-A
UV-B	: Ultraviyole-B
UV-C	: Ultraviyole-C
V	: Volume /Hacim
VRBA	: Violet Red Bile Agar
W	: Watt
w	: Weight /Ağırlık



## TEŞEKKÜR

Araştırma konumun saptanması, yürütülmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazım aşamasında beni yönlendiren ve deneyimlerinden yararlandığım kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Tuncay GÜMÜŞ'e, tez izleme komitemin değerli üyeleri Prof. Dr. Ömer ÖKSÜZ ve Prof. Dr. Mehmet ALPASLAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Araştırma ve yazım süresince yardım ve desteklerini esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Salih KARASU'ya, her konuda desteklerini gördüğüm arkadaşlarım Hülya YİĞİT, Ümit DURUPINAR ve değerli büyüğüm Mehmet MUTLU'ya teşekkür ederim.

Hayatım boyunca maddi ve manevi açıdan benden hiçbir desteğini esirgemeyen, varlıklarıyla beni cesaretlendiren başta eşim İlker ATİK ve kızım Büşra ATİK olmak üzere annem Rahime ÇELİK ve babam H. İbrahim ÇELİK'e minnet ve şükranlarımı sunarım.

Temmuz, 2020

Azize ATİK  
Öğretim Görevlisi



## 1. GİRİŞ

Günümüzde gıda işleme ve hazırlama yöntemleri hakkında bilgi ve bilincin artması ile tüketiciler az işlem görmüş, katkı maddesiz ve/veya doğal kaynaklı katkı maddeleri kullanılmış ve duyuşal özellikleri doğala en yakın gıdaları tercih etmektedirler. Gıda işleme ve muhafazasında yaygın olarak kullanılan ısıl işlem uygulamalarında protein denatürasyonu, vitamin ve besin değeri kayıpları ve gıdaların duyuşal özelliklerinde istenmeyen değışiklikler görülmektedir (Alberini, Simmons, Parker ve Koutchma, 2015; Choudhary vd., 2011; Güven ve Yıldız, 2016). Bu nedenle gıdaların kalitesini, besin değeri ve duyuşal özelliklerini daha az etkileyecek yeni gıda işleme yöntemlerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalar önem kazanmıştır.

Beslenme; büyüme ve gelişmenin devamlılığının sağlanması, sağlıklı ve kaliteli bir yaşam sürdürülebilmesi için gerekli besin öğelerinin yeterli ve dengeli bir şekilde alınmasıdır (Aslan ve Yallagöz, 2019). Yeterli ve dengeli beslenmede süt ve süt ürünleri önemli besin gruplarının başında gelmektedir (Altun, Besler ve Ünal, 2002). Süt, içerdiği makro (protein, yağ ve laktoz) ve mikro (vitamin ve mineral maddeler) elementler ile günlük beslenmede büyük öneme sahiptir (Karakaya ve Akbay, 2014). Ayrıca, bileşimindeki maddeler yönünden insanlar için çok yararlı olduğu kadar biyokimyasal yapısı ve yüksek su içeriği nedeniyle mikroorganizmaların gelişmesi için de elverişli bir ortam oluşturmaktadır (Diler ve Baran, 2014). Sağımdan itibaren tüketime kadar geçen aşamalarda süte çeşitli yollarla (hava, sağım ekipmanları, ahır vb. ) bulaşan mikroorganizmalar hızla gelişerek sütün bozulmasına ve/veya çeşitli özelliklerinde istenmeyen değışikliklere neden olmaktadır (Kesenkaş ve Akbulut, 2010).

Sütün güvenli bir şekilde tüketilebilmesi için patojen olan mikroorganizmaların tamamen inhibe edilmesi, sütün kalitesini ve raf ömrünü azaltan mikroorganizmaların tamamına yakınının yok edilmesi çok önemlidir. İşletmeler tarafından sütün alımında ve sınıflandırılmasında toplam mikroorganizma sayısı en önemli kalite kriterlerinden birisidir. AB standartlarına göre sütte toplam canlı bakteri sayısının mL'de 100.000'in altında olması gerekmektedir. Süt sağımdan hemen sonra toplama tanklarına alınır ve hızlı bir şekilde soğutulur. Eğer soğutulmazsa mikroorganizma sayısı logaritmik olarak artar ve sütün asitliğini artırdığı gibi, süt ürünlerine işlenebilirliğinde de bazı problemler ortaya çıkarmaktadır. Süt soğutma tankına girmeden önce mikroorganizma sayısı ne kadar az ise sütün dayanıklılığı da o kadar artmaktadır. Süt içerisinde bulunan mikroorganizmaların çokluğu süt kalitesini düşürmekle birlikte, hastalık etmeni mikroorganizmaların bulunma

riskini arttırmaktadır. Ayrıca sütün içerdiği laktik asit bakterileri sütün asitliğini yükseltmesinden dolayı bazı üreticiler tarafından yasak olmasına rağmen istenmeyen katkı maddelerinin kullanılmasına sebep olmaktadır.

Sağlıklı bir hayvandan, hijyenik kurallara uygun şekilde sağılmış bir sütte mikroorganizma yükü düşüktür. Fakat sağım ve sağım sonrası koşullara bağlı olarak süt kontamine olabilmekte ve bulaşan mikroorganizmalar hızla gelişebilmektedir (Engin, Güneşer ve Yüceer, 2009). Sütün mikrobiyal yükünün azaltılmasında ısıl işlemler yaygın olarak kullanılmaktadır (Özcan ve Kurtuldu, 2011). Süte uygulanacak ısıl işlem parametreleri (sıcaklık derecesi ve süre) sütün mikroorganizma yüküne bağlı olarak belirlenir. Isıl işlemin sütte besin ögesi değişikliklerine (Cilliers vd., 2014) ve pişmiş aroma oluşumuna (Bandla, Choudhary, Watson ve Haddock, 2012) neden olduğu bilinmektedir. Bu sebeple mikrobiyal güvenliği ihmal etmeden daha iyi bir duyuşsal kaliteye sahip son ürün elde etmek için ısıl işleme alternatif teknolojiler üzerine çalışılması gittikçe önem kazanmaktadır. Alternatif teknoloji kullanımı ile enzim ve zararlı mikroorganizma içermeyen bununla birlikte lezzet, renk ve besin değeri açısından kalite kaybı en aza indirilmiş gıda ürünleri üretilebilir (Falguera, Pagán, Garza, Garvín ve Ibarz, 2011).

Bu amaçla üzerine çalışılan başlıca teknolojilerden biri de kısa dalga boylu ultraviyole (UV-C) ışınlarıdır. UV-C ışınlar çok çeşitli patojenik ve bozulma etmeni mikroorganizmaları inaktive etme, böylece beslenme ve duyuşsal kalite kaybını en aza indirme de (Martinez-Garcia vd., 2019) dahil olmak üzere çok sayıda avantaja sahiptir. Ayrıca, UV-C ışınlar kimyasal kalıntılar veya toksik bileşikler oluşturmaz ve diğer termal olmayan pastörizasyon işlemlerine kıyasla çok daha az enerji tüketimi ve daha düşük maliyet (Feliciano, Estilo, Nakano ve Gabriel, 2019) gerektirir (Gouma, Gayán, Raso, Condón ve Álvarez, 2015).

UV-C ışınlar bakteri, virüs, protozoa, maya, küf ve alg gibi mikroorganizmalara karşı öldürücü etkiye sahiptir (Guerrero-Beltra'n ve Barbosa-Ca'novas, 2006). Hücre DNA'sındaki timin ve sitozinler arasında çapraz bağlar meydana gelmesi sonucu hücrelerde mutasyon meydana gelmekte ve tamir mekanizması, çoğalma gibi fonksiyonlar önlenmektedir (Yangılar ve Kabil, 2013). En yüksek öldürücü etki 250-280 nm arasında olup (Riganakos, Karabagias, Gertzou ve Stahl, 2017) yüzey dezenfeksiyonu, su, meyve suyu, süt, sıvı yumurta ve şeker çözeltisi gibi çeşitli akışkan gıda ürünlerinin dezenfeksiyonunda 254 nm dalga boyu kullanılmaktadır (Pala ve Toklucu, 2010).

Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi'nin (EFSA), "Diyetetik Ürünler, Beslenme ve Alerji Panelinde" UV-C ışınla işlenmiş süt hakkındaki görüşü söz konusu ürünlerin güvenli olduğu yönündedir. Panelde, UV-C ışınla işlenmiş pastörize sütün raf ömrünün 12 günden 21 güne çıktığı belirtilmiştir. Ayrıca panelde UV-C ışınla işlenmiş sütün 1-6 aylık bebekler hariç herkes için güvenli olduğu açıklanmıştır (EFSA, 2016).

Bu çalışmada tasarlanan UV-C reaktör ile farklı dozlarda ışına maruz kalmış sütlerin mikrobiyolojik, bazı fizikokimyasal ve duyuşsal özellikleri üzerine etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Bu sonuçlar ışığında nihai hedef süt sağım sistemlerine UV-C reaktör entegre edilerek sütün soğutma tankına alınmadan mikrobiyal yükünün azaltılması hedeflenmektedir. Mikrobiyal yükün azaltılmasında süt akış hızı değiştirilerek en etkili UV ışınlama prosesi belirlenmeye çalışılmıştır. Böylelikle soğutma tankına giren sütün mikrobiyal yükü azaltılarak, sütün ısıl işlem aşamasına kadar dayanma süresi artırılacak ve pastörizasyon normları mikrobiyal yüke göre ve hedef mikroorganizmaların ışınlamadan zarar görme durumuna göre yeniden şekillenebilecektir. Sağım sistemine entegre edilecek UV-C reaktör ile sütün bileşimine en az zarar verecek işlem parametreleri belirlenerek pastörizasyona alternatif değil pastörizasyondan önce uygulanacak ışınlama basamağı ile (pastörizasyon ve UV ışınlama işlemlerinin kombinasyonu) işlemin daha düşük sıcaklıkta gerçekleştirilmesine olanak sağlaması hedeflenmektedir.

Süt sağım sistemine entegre edilen UV-C reaktör ile, daha önce kullanılmakta olan süt sağım sistemlerinin geliştirilmesi ve sütün mikrobiyal kalitesinin ve standardının yükseltilmesi hedeflenmektedir. Bu projenin en önemli çıktıları arasında, pastörizasyon normlarının düşürülmesi ile fazla enerji tüketmeden sütte mikrobiyal yükün azalması (pastörizasyon) ve dolayısıyla hem enerji verimliliğinin sağlanması hem de maliyetin düşürülmesi bulunmaktadır.

## 2. LİTERATÜR BİLGİSİ

Süt, zengin besin içeriği nedeniyle insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. İnsanlık, tarih boyunca süttten çeşitli şekillerde faydalanmıştır (Özkan, 2002). Süt bileşenleri, majör bileşenler (protein, karbonhidrat ve yağ) ve minör bileşenler (mineraller, vitaminler, enzimler, gazlar, organik asitler ve doğal koruyucu maddeler) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Bölek, 2013).

Süt dişi memeli canlıların doğum sonrası yavrularını besleyebilmeleri için meme bezlerinden salgılanan, yapısında temel besin maddelerini yeterli düzeyde içeren, porselen beyazı (beyaz-krem) renginde, kendine has kokusu ve tadı olan biyolojik bir sıvıdır (Metin, 2013; Tuncer, 2015). Süt zengin besin içeriği ile yeni doğan yavrunun gelişmesini, yaşayabilmesini ve dış etkilere karşı kendini koruyabilmesini sağlamaktadır. Bu nedenle hayvanın yaşadığı çevre ve iklim koşullarına göre sütün bileşiminde az çok farklılık vardır (Metin, 2013). Süt ortalama % 88 su, % 3 protein, % 4 yağ, % 5 diğer katı bileşiklerden oluşmaktadır. Tüm bu besin elementlerinin yanında potasyum, fosfor, kalsiyum, çinko minerallerini ve A, B, D, E ve K vitaminlerini de içermektedir (Şen, 2016).

Türk Standartları (TS) 1018 çiğ süt standardına göre: süt; inek, koyun, keçi ve mandaların meme bezlerinden salgılanan, kendine özgü tat ve kıvamda olan, içine başka maddeler karıştırılmamış ve içinden herhangi bir maddesi alınmamış, beyaz veya krem renkli sıvıdır (Ünal ve Besler, 2012). Türk Gıda Kodeksine göre: Çiğ süt; bir veya daha fazla inek, keçi, koyun veya mandanın sağılmasıyla elde edilen, 40 °C' nin üzerinde ısıtılmamış veya eşdeğer etkiye sahip herhangi işlem görmemiş kolostrum dışındaki meme bezi salgısıdır (Şen, 2016).

Beslenmede süt ve süt ürünleri özellikle çocuklar, hamileler, emzickliler ve yaşlılar için çok önemlidir. Ancak süt birçok besin maddeleri gibi özelliğini uzun süre koruyamaz. Yeni sağılmış bir sütle birkaç saat beklemiş süt arasında bile bir hayli farklılıklar görülmektedir. Yapısında bulunan enzimlerden, kontamine olan mikroorganizmalardan, güneş ışığından, oksijenden, metallere ve çevredeki her şeyden hatta kokulardan bile etkilenir. Bunun sonucunda birçok değişiklikler, fermentasyonlar, parçalanmalar hatta yeni maddeler oluşur. Tat ve kokusu ile birlikte teknolojik özelliklerinde değişimler meydana gelmesinin yanında hem sütün işlenebilirliğini, hem de sağlığını olumsuz yönde etkilediği bir gerçektir. Ülkemizde yıllık üretilen yaklaşık 11 milyon ton sütün yaklaşık % 50'si yerinde ve sokak sütü

olarak tüketilmektedir. Bu sütlerin en önemli problemi ise mastitisli sütler, sütlerde antibiyotik kullanımı, sütlerin toplam canlı bakteri sayısının AB standartları olan 100 000 kob/mL 'nin üzerinde olması, somatik hücre sayısının fazlalığı sayılabilir. Süt sektörünün ihracatında en önemli sorunları ise; kalite düşüklüğü, istenmeyen katkı maddelerini içermesi, bazı hayvansal kaynaklı hastalıkları taşıyabilmesi şeklinde özetlenebilir.

Süt endüstrisinin görevleri içerisinde; içme sütlerinin hazırlanması, uzun süre dayanıklı, kaliteli ve yüksek değerli gıdaların üretiminin sağlanması, ürünlerin hijyenik ve kokusuz ve uygun paketlerle paketlenmesi, bileşimi bakımından beslenme prensiplerine uygun, yüksek kullanma değerlerinde yeni ürünlerin geliştirilmesi, yeni uygun metotların ortaya konulması, yeni bilgilerin kullanılması, iş verimliliğini yükseltilmesi, malzeme ekonomisinin uygun teşekkülü gibi maddeleri sıralayabiliriz.

Sütün güvenli bir şekilde tüketilebilmesi için patojen olan mikroorganizmaların tamamen inhibe edilmesi, sütün kalitesini ve raf ömrünü azaltan özellikle laktik asit bakterileri olmak üzere mikroorganizmaların tamamına yakının yok edilmesi çok önemlidir. Çiğ süt, içerisinde bozucu ve patojen mikroorganizmalar içermesinden dolayı, mutlaka işlenmeli, dayanıklı ve güvenilir hale getirilmelidir. Bu nedenle çiğ sütün teknolojik olarak işlenmesi zorunlu olmaktadır.

## **2.1. Sütün Bileşimi ve Beslenme Açısından Önemi**

Süt polidispers bir yapı olup süt yağı, emülsiyon; protein, kolloidal dispersiyon; laktoz ve mineral maddeler ise gerçek çözelti halinde bulunmaktadır (Üçüncü, 2005). Süt genel olarak protein, yağ, şeker gibi temel bileşenleri büyük miktarda içermektedir. Aynı zamanda önemli bir riboflavin (vit. B<sub>2</sub>), kalsiyum ve fosfor kaynağıdır. Esansiyel amino asitleri ve yağ asitlerini içermektedir (Yetişemiyen, 2010). Sadece sütte bulunan bileşenler; laktoz, süt yağı, kazein, laktoalbumin ve laktoglobülinidir. Ayrıca bileşimindeki maddeler sayesinde süt koruyucu bir gıdadır. Sütte bulunan protein amfoter yapısı ile asit ve baz buharlarını tamponlayabilir ve zehirli ağır metalleri bağlayabilir. Sütün bu özelliği nedeniyle kimya sanayi, kömür ocakları, havagazı fabrikaları vb. koşullarda çalışan işçilere yasal düzenlemelere dayanarak zehirlenmelerden korumak amacıyla süt ve yoğurt verilmektedir (Gürsoy, 2015).

Sütün besin içeriği elde edildiği hayvan türüne, fizyolojik etkenlere çevre koşullarına ve mevsim şartlarına göre değişmektedir. Ortalama % 88'i su olan inek sütü 100'den fazla farklı bileşen içermektedir. İlkbahar ve sonbaharda elde edilen sütler arasında fark olduğu yapılan çalışmalar ile tespit edilmiştir. Yapılan araştırma sonuçlarına göre sonbaharda elde edilen sütlerde protein, yağsız kuru madde ve kül miktarları; ilkbaharda elde edilen sütlerde ise yağ miktarı daha yüksektir (Ünal ve Besler, 2012). Çizelge 2.1'de inek sütünün genel bileşimi yer almaktadır (Gürsoy, 2015).

Çizelge 2.1. İnek sütünün ortalama bileşimi (Gürsoy, 2015)

<b>Bileşenler</b>	<b>Sütteki Ortalama Miktar (%W/W)</b>	<b>Değişim Genişliği (%W/W)</b>	<b>Kurumaddede Ortalama Miktar (%W/W)</b>
<b>Su</b>	87,10	85,30-88,70	-
<b>Süt Yağsız Kurumadde</b>	8,90	7,90-10,00	-
<b>Kurumaddede Yağ</b>	31	22-38	-
<b>Laktoz</b>	4,60	3,80-5,30	36
<b>Yağ</b>	4,0	2,5-5,5	31
<b>Protein</b>	3,3	2,3-4,4	25
<b>Kazein</b>	2,60	1,70-3,50	20,00
<b>Mineral Maddeler</b>	0,70	0,57-0,83	5,40
<b>Organik Asitler</b>	0,17	0,12-0,21	1,30
<b>Diğer Bileşenler</b>	0,15	-	1,20

Süt ve ürünleri; özellikle protein ve kalsiyum kaynağı olarak tüketilmektedir. Ayrıca B<sub>2</sub>, B<sub>12</sub>, A vitaminleri, tiamin, niasin, fosfor ve magnezyum başta olmak üzere birçok besin ögesi için de önemli bir kaynaktır. Süt proteinlerinin vücutta bilinen büyüme-gelişmeye katkısı doku farklılaşmalarındaki etkinliğinin yanı sıra; kalsiyum emilimi ve immün fonksiyonlar üzerine olumlu etkilerinin olduğu, kan basıncını ve kanser riskini azalttığı, vücut ağırlığının kontrolünde etkin olduğu, diş çürümelerine karşı koruyucu olduğu bilinmektedir (Tayar, Korkmaz ve Özkeleş, 2015).

1 litre süt günlük amino asit ihtiyaının önemli bir bölümünü karılayabilirken, yüksek kalsiyum içeriği sayesinde yarım litre süt günlük ihtiyaç duyulan kalsiyumun 2/3'n karılayabilmektedir (Demirci, 2014).

Süt vitamin profili, yağda znenleri (A, D, E) ve suda znenleri (B kompleksi ve C vitamini) içerir. Sütteki yağda çözünen vitamin konsantrasyonları sütün yağ içeriğine bağlıdır, bu nedenle düşük yağ ve yağsız süt eitlerinin A, D ve E vitamin miktarları daha düşüktür. Bazı lkelerde, yağsız süt, besin zenginliğini arttırmak için A ve D vitaminleri ile takviye edilmektedir (Pereira, 2014). Çizelge 2.2'de sütün içerdiği bazı vitaminlerin miktarları yer almaktadır.

Çizelge 2.2. İnek sütünde bulunan bazı vitaminlerin miktarları (100 gram süt için) (nal ve Besler, 2012).

Süt eiti	A vit. (retinol)	D vit. (µg)	E vit. (mg)	C vit. (mg)	B <sub>1</sub> vit. (mg)	B <sub>2</sub> vit. (mg)	Folik Asit (µg)
Tam yağlı,taze	-	-	-	1,5	0,04	0,19	5,0
Yaz mevsimi	35,0	0,030	0,10	b	b	b	b
Kı mevsimi	26,0	0,013	0,07	b	b	b	b
Sterilize	31,0	0,022	0,09	0,8	0,03	0,19	4,0
UHT	31,0	0,022	0,09	1,5	0,04	0,19	5,0
Yağsız, taze	a	a	a	2,4	0,10	0,58	10,0

a: İz miktarda bulunmaktadır. b: Bu değerlerle ilgili veri yoktur

Süt yağına sarımsı rengi veren içerisindeki karotenoidler, floresan rengini veren ise içeriğindeki riboflavindir. B grubu vitaminler önemli enzimatik kofaktrlerdir ve besinlerden enerji üretimi, nörotransmitter madde ve hormon sentezi gibi çeşitli metabolik yollara katılırlar. Süt, B grubu vitaminler için tavsiye edilen günlük alım miktarının %10-15'ini karılayabilmektedir (Pereira, 2014). Ancak yüksek vitamin içeriğine karşın uygulanan ısıl işlemler vitamin içeriğini azaltabilmektedir (nal ve Besler, 2012).

Sütün mineral madde içeriği; hayvanın yaşı, cinsi, fizyolojik durumu beslenme, barınma gibi çevre koşulları ve süte uygulanan işlemlere bağı olarak değişmektedir. Süt kalsiyum, fosfor, magnezyum, potasyum, çinko gibi mineraller için iyi bir kaynaktır. Demir içeriği ve demir biyoyararlılığı ise düşüktür (Ünal ve Besler, 2012). Sütteki mineral maddeler arasında makro element olan kalsiyum miktarı 1200 mg/L'dir (Pereira, 2014).

Zengin besin içeriği ile süt ve süt ürünlerinin vücut fonksiyonları üzerine birçok faydası vardır. Sütün; bağışıklık sistemini güçlendirme, osteoporoz ve uykusuzluğu engelleme uyku düzenini dengeleme gibi faydaları vardır. Özellikle yoğurt, kefir vb. süt ürünleri probiyotik kaynağı olarak tüketilmektedir. Süt ürünlerinin probiyotik kaynağı olmasının yanında bağışıklık sistemini güçlendirmek için süt kaynaklı ürünler immunoglobulinlerle zenginleştirilmektedir (Tuncer, 2015).

## **2.2. Dünyada ve Türkiye'de Süt Üretimi ve Tüketimi**

1980'li yıllardan itibaren süt ürünleri üretiminde değişim yaşanmış bu durum süt ürünlerinin tüketimini ve ticaretini de etkilemiştir. Süt ürünlerinin dünya ticaretindeki durumu incelendiğinde 1980'li yıllara kadar dünya ticaretinde süt ürünleri peynir ve tereyağı olarak işlem görürken, 1980 sonrasında günümüze yoğurt, dondurma ve süt tozu gibi ürünlerin de dünya ticaretinde önem kazandığı görülmektedir (Terin, 2014).

Dünyada toplam süt üretimi 2000 yılında 582 milyon ton iken 2012 yılında 754 milyon tona ulaşmıştır. 2012 yılı itibariyle dünya genelinde süt üretiminin yarısı AB, Hindistan ve ABD tarafından üretilmektedir. Hindistan son yıllarda verim artışını sağlayıcı uygulamaları ile dünya süt üretiminde ABD'yi geride bırakarak ikinciliğe yükselmiştir (Terin, 2014). Türkiye'nin süt üretimindeki durumu incelendiğinde 2013 yılı verilerine göre Türkiye, dünyada inek sütü üretiminde 8., içme sütü üretiminde 7. ve fermente süt ürünleri üretiminde 5. sırada yer almaktadır (Niyaz, 2015).

2012-2014 yılı verilerine göre Türkiye'de hayvansal üretim değerinin payı tarımsal üretim değerinin içinde % 32,6'dır. Aynı yıllar için Türkiye'de süt üretim değerinin hayvansal üretim değeri içindeki payı ise % 40,7, tarımsal üretim içindeki payı ise % 13,3'tür (Niyaz, 2015). Günümüzde ülkemizdeki süt ve süt ürünleri üretim durumu incelendiğinde TÜİK verilerine göre 2019 yılı için içme sütü üretimi bir önceki yıla göre % 7,3 oranında azalarak 1 milyon 540 bin 122 ton olarak gerçekleşmiştir. 2019 yılı için yoğurt üretimi ise %1,5 oranında



azalarak 1 milyon 181 bin 205 ton olarak gerekleŒmiŒtir (Türkiye İstatistik Kurumu [TÜİK], 2020).

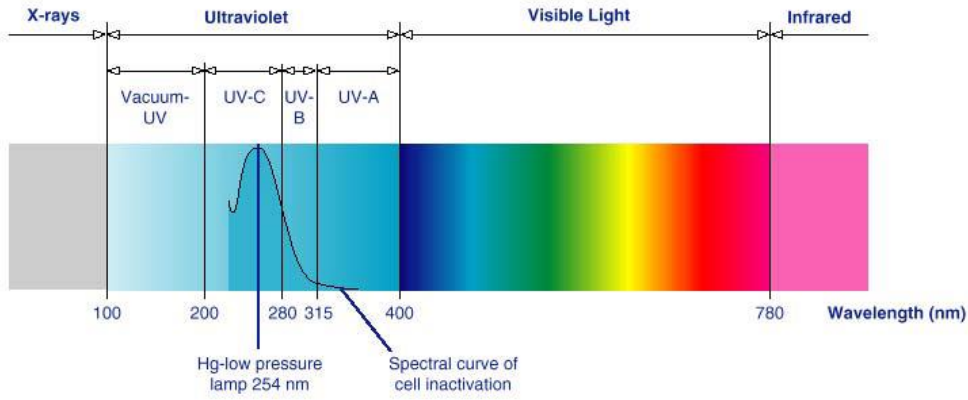
Türkiye’de süt ürünleri tüketiminde tüketim alışkanlıkları ve nüfusun büyük bölümünde görölen laktoz intoleransı nedeniyle içme sütü tüketimi Kuzey Avrupa ve Kuzey Amerika ölkeleri kadar yüksek değildir. Ulusal Süt Konseyi (2019), tarafından hazırlanan Süt Raporu’na göre ölkemizde 2019 yılı için kiŒi başına düşen süt tüketimi 276 kg/kiŒi süt eŒdeęeridir. Bununla birlikte dıŒ ticaret verileri, kayıtlı içme sütü üretim miktarları ve entegre süt iŒletmeleri tarafından alınan süt miktarları haricinde kiŒi başı içme sütü tüketimin 39,7 kg olarak tahmin edilmektedir.

Ölkemizde süt tüketimi Avrupa Birliği ölkeleri ile kıyaslandığında oldukça düşüktür. Bilinçli süt tüketiminin artırılması hem toplum sağlığının artırılması açısından hem de kayıt dıŒı tüketime bağlı sağlık risklerinin ve ekonomik kayıpların azaltılması açısından önemlidir. GeliŒmiŒ ölkelerde kalkmıŒ bir uygulama olmasına rağmen ne yazık ki ölkemizde çiğ sütün tüketiciye direkt ulaŒması diğer bir deyiŒle sokak sütçölüğü hala devam etmektedir. Ölkemizde süt ve süt ürünlerinin kayıt dıŒı tüketimi yaygındır bu nedenle tüketim miktarlarının kesin rakamlarla belirlenmesi mümkün değildir. Küçük ölçekli iŒletmelerin fazlalığı evlere çiğ süt dağıtımın devam etmesi, ailelerin sütü evde kaynatarak içme sütü, yoğurt, kefir, az miktarda peynir üretiminde kullanıyor oluŒu kayıt dıŒı tüketime neden olmaktadır.

Gerekli yasal düzenlemeler yapılmıŒ olmasına rağmen pazarda yer alan çiğ sütün % 42’sinin açıkta satılan sokak sütü, % 40’ının ise hijyen Œartlarına uygun olmayan koŒullarda iŒlenerek tüketiciye ulaŒtıęı tahmin edilmektedir. Bu durum kayıt dıŒı üretim de dahil edildiğinde ölkemizde kiŒi başına düşen süt tüketim miktarının resmi verilerden daha fazla olduğunu göstermekte ve gıda güvenliği açısından ciddi bir risk oluŒurmaktadır. Ölkemizde süt hayvancılığı ile uğraŒan iŒletmelerin büyük çoğunluğu küçük kapasiteli ve dağınık iŒletmelerdir. Ayrıca mevsim koŒullarına ve bölgesel etmenlere bağlı kaynaklanan üretim dengesizlikleri, sütün sağımdan sonra üretime kadar hijyenik koŒullarda muhafaza edilememesi, soğuk zincirde yaŒanan aksaklıklar da kaliteyi olumsuz etkilemektedir (KesenkaŒ ve Akbulut, 2010). Halk sağlığının korunması açısından süt ve süt ürünlerinin tüketimi konusunda toplumun bilinçlendirilmesi gerekmektedir. Aynı zamanda tüketiciye güvenle tüketebilecekleri mikrobiyal kalitesi yüksek besin öğeleri korunmuŒ süt ve süt ürünlerini sunmak, üzerinde dikkatle durulması gereken konulardan birisidir.

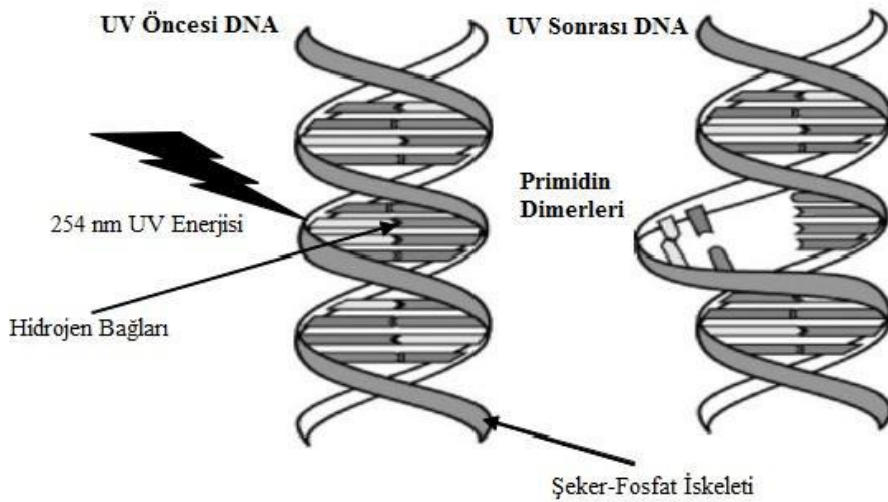
### 2.3. Ultraviyole Işıklar

Elektromanyetik spektrum; farklı dalga boyu ve frekanstaki ışıkların yer aldığı spektrumdur. Elektromanyetik spektrumun 100-400 nm aralığında yer alan ışınlar ultraviyole ışınlar olarak adlandırılır. Ultraviyole ışınları; uzun dalga boyuna sahip ve insan vücudunun bronzlaşmasından sorumlu UV-A (320-400 nm), orta dalga boyunda cilt yanıkları ve cilt kanserine neden olan UV-B (280-320 nm), kısa dalga boyuna sahip ve mikroorganizmalar üzerinde öldürücü etkiye sahip UV-C (200-280 nm) ve tüm maddeler tarafından absorbe edilebildiğinden sadece vakum altında yayılabilen Vakum UV (100-200 nm) olarak alt sınıflara ayrılmaktadır (Baykut, 2016; Mansor, Shamsudin, Adzahan ve Hamidon, 2014; Riganakos, Karabagias, Gertzou ve Stahl, 2017). Bu sınıflar arasından UV-C ışınları bakteri, maya, küf, virüs, protozoa ve alg gibi çok çeşitli mikroorganizma gruplarına karşı germisidal etkiye sahiptir. (Pala ve Toklucu, 2010; Yangılar ve Kabil, 2013). UV-C ışını; biyolojik moleküller, membran lipitleri, proteinler, aminoasitler ve nükleik asitlerin oksidasyona uğramasına neden olur ve böylece DNA hasarı ve hücre zarı hasarlarının oluşması yoluyla hücre fonksiyonları üzerinde etkili olmaktadır. Işının yoğunluğu ve hedef mikroorganizmaların türü, işlemin etkinliği noktasında belirleyicidir. Daha yüksek yoğunluklar, gıdanın besinsel ve duyu özelliklerini değiştiren oksidatif reaksiyonları teşvik etmektedir (Ferreira vd., 2017). UV-C ışınlama, bakterileri, mayaları ve çeşitli küf tiplerini inaktif hale getirmek için kullanılan bir teknolojidir. UV-C, 200 ila 280 nm dalga boyları arasındaki elektromanyetik spektrumun bir parçasıdır. Mikrobiyal inaktivasyon mekanizması; UV ışığının mikroorganizmanın nükleik asitleri (DNA veya RNA) tarafından absorpsiyonu şartıyla meydana gelen ve sonucunda DNA aktarımı ve çoğalmasını engelleyen ve en sonunda hücre ölümüne yol açan siklobutan pirimidin dimerlerinin oluşması ile açıklanmaktadır (Gopisetty vd., 2019). Şekil 2.1’de verilen hücre ölüm eğrisi incelendiğinde eğrinin pik noktası 253 - 256 nm dalga boylu ışınlar için etki en üst noktaya ulaşmaktadır (Aydın, 2009).



Şekil 2.1. UV ışınların dezenfektan etkisi (Aydın, 2009)

Bakteriyel DNA ve sitoplazmik proteinler tarafından emilmesi nedeniyle UV-C ışını bakterisit etkiler gösterir. DNA tarafından absorbe edilen bir miktar ışık, aynı DNA zincirindeki bitişik pirimidin dimerlerinin (timin ve sitozin) bazları arasında çapraz bağlanmaya neden olur. Çapraz bağlama derecesi, UV radyasyonunun miktarı ile orantılıdır ve modifiye edilmiş bazlar, karşı DNA zincirinde pürin bazlarla hidrojen bağları oluşturma kabiliyetini kaybeder. Bu işlemler, DNA transkripsiyonunu ve replikasyonunu bozar, bu durum sitoplazmik proteinlere fotokimyasal hasarla birlikte, mikrobiyal hücre fonksiyonlarının kaybına ve sonuçta hücre ölümüne yol açmaktadır (Martysiak- Żurowska vd., 2017). Şekil 2.2’de UV ışın ile DNA yapısında meydana gelen bozulma gösterilmiştir (Turan, 2015).



Şekil 2.2. UV ışın ile DNA yapısında meydana gelen bozulma (Turan, 2015)

UV-C işlemi, başta içecekler olmak üzere gıdaların muhafazası için son zamanlarda daha sık kullanılmaya başlanmış, ısısal olmayan alternatif bir işleme tekniğidir. Suyun arıtılmasında UV-C, mikroorganizmalara karşı dezenfekte edici etkisinin oldukça yüksek olduğu bilinen bir yöntemdir. Gıda konusunda UV-C işlemi ile yapılan çalışmalar daha çok; meyve suları, şıra, süt, bira ve şarap üzerinedir. UV-C enerjisi fotokimyasal olarak mikroorganizmaların DNA'sı ve diğer çok önemli hücre bileşenleri ile reaksiyona girer. Sonuç olarak zarar gören hücreler çoğalma kabiliyetini kaybeder. Mikroorganizmaların inaktivasyonu için, 250 ve 260 nm arasındaki dalga boyları en etkili dalga boylarıdır. Çünkü UV-C enerji DNA tarafından en çok bu aralıkta absorplanır. UV-C'nin sıvılardaki etkisi genellikle penetrasyon derinliğine bağlıdır. UV-C, ya sıvıdaki bileşenler tarafından absorbe edilir ya da kolloidler tarafından yayılır. İnaktivasyon etkinliği büyük ölçüde mikroorganizmaların özelliklerine bağlı olarak ta değişiklik göstermektedir. Mikroorganizmaların UV-C işlemine hassasiyetleri; türe, suşa ve kültürün büyüme aşamalarına göre farklılıklar göstermektedir (Diesler vd., 2019).

UV-C ışının ısısal işleme karşı sağladığı avantajlar gıda endüstrisinde kullanımını mümkün kılmıştır. Gıda endüstrisinde UV-C ışınlanması et veya taze sebze işlemede, dezenfeksiyonun bazı aşamalarında kullanılacak su üzerinde, taze ürünlerin yüzeylerinde, tavuk, balık, yumurta ve süt, meyve suyu gibi sıvı gıdalarda kullanımı üzerine çalışmalar yapılmaktadır (Falguera, Pagán, Garza, Garvín ve Ibarz, 2011).

Süt; karbonhidrat, yağ, protein ve vitamin yönünden zengin içeriğe sahip bir gıda olması nedeniyle birçok patojen bakteri ve virüs tarafından kolaylıkla bozulabilir. Süt ve süt ürünlerinin bozulmasında birincil derecede etkili patojenler şunlardır: *Coxiella burnetii*, *Mycobacterium tuberculosis*, *Brucella*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp., *Escherichia coli* O157:H7, *Campylobacter jejuni*, *Yersinia enterocolitica*, *Staphylococcus aureus*, *Aeromonas hydrophila*, *Serratia marcescens*, *Clostridium perfringens*, *norovirus* ve *Bacillus cereus*. Pastörizasyon, süt kaynaklı patojenlerin inaktivasyonu için en yaygın olarak kullanılan yöntem olmakla birlikte pastörizasyonun yüksek enerji maliyetleri, proteinlerin denatüre olması ve ürünlerin tadının değişmesi gibi bir takım dezavantajları bulunmaktadır. Tüm sıvı gıdalar, ısıya duyarlı biyomoleküller içerdikleri için pastörizasyon işlemindeki ısısal işlemleri tolere edemezler. Sonuç olarak; süt ve diğer sıvı gıdaların dezenfekte edilmesi için alternatif, ısısal olmayan yöntemlere olan ilgi her geçen gün artmaktadır. 200 ila 280 nm aralığında antiseptik etki gösteren ultraviyole ışık (UV-C), sütte bulunabilen patojenleri

etkisiz hale getirmek, raf ömrünü ve güvenliğini artırmak için ısısal işleme alternatif olarak araştırılmaktadır. Ultraviyole (UV-C) ışık, içme, atık ve rekreasyon sularının dezenfekte edilmesi için termal olmayan bir yöntem olarak dünya genelinde yaygın olarak uygulanmaktadır. Literatürde, UV-C ile dezenfeksiyonun öncelikle; nükleik asitler tarafından UV-C ışığın absorpsiyonu sonucunda çapraz bağlı pirimidin dimerlerinin oluşması ile gerçekleştiği bildirilmektedir. Bu dimerler, yeterli sayıda ve kritik yerlerde bulunduğu, DNA onarımını öldürücü olarak inhibe eder ve organizmanın çoğalmasını önleyerek patojen olmayan hale getirir. Bilim ve mühendislikteki son gelişmeler, UV-C teknolojisinin gıdaların muhafazası için pastörizasyon gibi geleneksel ısısal işlemlere alternatif olarak önemli bir teknik olabileceğini açıkça göstermiştir (Gunter-Ward vd., 2017).

UV işlemi, süt içerisindeki doğal lipazlar ve proteazlar gibi enzimlerin inaktivasyonunu ve ayrıca geleneksel ısı işleminden sonra meydana gelen peynir altı suyu proteinlerinin,  $\alpha$ -laktalbüminin ve  $\beta$ -laktoglobülinin denatürasyonunu potansiyel olarak sınırlandırır. Ek olarak, UV, yüksek miktarda proteinaz ve lipaz konsantrasyonu, lezzet kusurlarının azaltılması (meyvemsi, bayat, acı, çürük, ransit gibi) gibi çiğ sütte yüksek başlangıçta bakteri sayımı ile ilişkili peynirde meydana gelen kusurları da sınırlayabilir ve daha yüksek verim elde edilebilir (Cilliers vd., 2014).

Gıda endüstrisi, artan rekabet, küreselleşme ve tüketicilerin artan talepleri ile başa çıkmak için yeni teknolojilere ihtiyaç duymaktadır. Isısal işleme tekniklerinin ve kimyasal ajanların gıdalar üzerindeki istenmeyen etkilerinden kaçınmak için son yıllarda ısısal olmayan dezenfeksiyon teknikleri üzerinde farklı çalışmalar yapılmıştır (Gündüz ve Korkmaz, 2019). Gıdaların ultraviyole (UV) işlemi ile muhafazası; UV-C ışığının (253.7 nm) patojenlerin hücre duvarından nüfuz edebilmesi, daha sonrasında hücrenin büyümesi ve çoğalmasını engelleyen timin dimerlerinin oluşumu nedeniyle DNA transkripsiyonunu ve replikasyonunu bloke edebilmesiyle ilişkilidir. Laboratuvar ölçekli UV-C (koşutlanmış ışın demeti aparatı) işlem çalışmalarının çoğunda gıdalarda mikrobiyal yükün azaltılması ve enzim inaktivasyonu konularında başarılı sonuçlar elde edildiği bildirilmiştir. Bununla birlikte gıda işlemede UV ışınlarının endüstriyel kullanımı, sürekli akış reaktörlerinin tasarımı ve geliştirilmesiyle alakalı bir durumdur. Bir UV-C reaktörünün tasarımında; sıvının geometrik özellikleri, akış tipi, emici özellikleri ve diğer fizikokimyasal özellikleri, hedef mikroorganizmanın türü ve sıvıdaki radyasyonun homojen ve etkili dağılımı ile optimum işlem koşullarının birlikte belirlenmesi üzerinde iyi düşünülmesi gereken konulardır. Daha etkili mikrobiyal

inaktivasyon ve artan kapasite talebi nedeniyle, ince film laminer akış UV-C reaktörleri türbülans akış reaktörleri ile yer değiştirmiştir (Demir ve Oral, 2018).

Yapılan bir araştırmada saatte 4,000 litre akış oranında türbülans akıştaki çiğ süt 1,045 ve 2,090 J/L olmak üzere iki farklı dozda UV-C ışına maruz bırakılmıştır. Çalışma sonucunda yapılan temel analizlerde (toplam yağ, protein, nem ve kül), yağ asidi kompozisyonunda, uçucu bileşen analizlerine göre lipit oksidasyonunda veya protein profilinde kıyaslama yapıldığında istatistiksel olarak kimyasal özelliklerde belirgin bir değişiklik görülmemiştir. Türbülans akış UV-C işleminden 7 gün sonra vitamin D'de % 56'lık, vitamin A'da ise % 95'lik bir azalma tespit edilmiştir fakat bu kayıp HTST ve UHT gibi geleneksel olarak uygulanan ısı işlemlerden sonra görülen azalmalar ile kıyaslandığında birbirine yakın değerler olduğu görülmüştür. Sütün kimyasal karakterizasyonu, türbülans akış UV-C ışın teknolojisinin pastörize sütün ve çiğ sütün raf ömrünü uzatmada alternatif bir yöntem olabileceğini göstermiştir (Cappozzo, Koutchma ve Barnes, 2015).

Kasahara, Carrasco ve Aguilar (2015) *Escherichia coli* inoküle edilmiş keçi sütünde 10,000 mJ cm<sup>-2</sup> doz atımlı UV-C ışınlama ile *E.coli* sayısında 6 log azalma sağlandığını, ışınlanmış ve ışınlanmamış örnekler arasında fiziksel ve bileşim olarak değişikliğin istatistiksel olarak önemsiz olduğunu belirtmişlerdir.

Bhullar vd. (2018). Hindistancevizi suyuna UV-C uygulamasının mikrobiyal inhibisyon ve toksik etkileri üzerine yaptıkları çalışma sonucunda düşük dozlarda ( $\approx 30$  mJ·cm<sup>-2</sup>) UV-C uygulamasının, birkaç önemli patojen (*E. coli* ATCC 25922, *S. Typhimurium* ATCC 13311, *L. monocytogenes* ATCC 19115) üzerinde 5 log inaktivasyona neden olduğunu rapor etmişlerdir.

Sütün mikrobiyolojisi üzerine UV ışınlarının etkisinin test edildiği bir çalışmada % 3,5 ve % 2 yağlı süte iki farklı UV dozlarında (880 ve 1,760 J/L) 254 nm'de sürekli akış UV sistemi uygulanmıştır. UV uygulamasından sonra pastörize sütün en tanımlanabilir doğal mikroflorası üzerine etkisini değerlendirmek için; ürün iki farklı depolama sıcaklığında (4 °C ve 7 °C) tutulmuş ve 5 hafta boyunca haftalık aerobik mikroorganizma (psikrotrofik ve mezofilik bakteriler) sayımı, laboratuvar pastörizasyon sayımları, aerobik spor oluşturanların, koliformların sayımları ve titrasyon asitliği analizleri yapılmıştır. Depolama boyunca 4 °C ve 7 °C'de hem % 3,5 hem de % 2 yağlı sütlerde kontrolle kıyaslandığında mikrobiyal sayımlar

test edilen bütün mikroorganizmalar için UV işlem görmüş sütlerde daha düşük çıkmıştır (Rossitto vd., 2012).

Engin, Güneşer ve Yüceer (2009), yapmış oldukları çalışmada ultraviyole ışınlarının sütün mikrobiyel özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunca çiğ süte uygulanan işlemlerin söz konusu mikroorganizmalar üzerine etkileri önemli bulunmuştur. Süt örneklerinin toplam aerobik mezofilik bakteri ve koliform popülasyonu üzerine UV uygulamasının pastörizasyon işlemi kadar etkili olduğu ve önemli düzeyde redüksiyon sağladığı tespit edilmiştir. Ancak UV uygulamasının maya-küf ve *Streptococcus spp.* üzerine etkisinin daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Altic, Rowe ve Grant (2007), UV-C ışının yağlı ve yarım yağlı inek sütleri üzerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında 1000 mJ/mL dozunda UV-C uygulaması ile *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* sayısında 0,5-0,1 log düzeyinde azalma meydana geldiğini, pastörizasyon işlemine kıyasla UV-C ışınlama ile 4 log daha az düşüş olduğunu belirtmişlerdir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma iki aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. Bunlardan birincisi laboratuvarda pilot tipi ve 2 L süt kapasiteli üniteye yerel bir üreticiden alınan çiğ süt, Çizelge 3.2.1'deki deneme planına uygun olarak farklı sıcaklıklara soğutulmuş daha sonra farklı dozlarda UV-C ışını uygulanarak sütteki mikrobiyal ve bazı fizikokimyasal özelliklerindeki değişim tespit edilmiştir. Bu amaçla toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB), toplam maya-küf, toplam koliform grubu bakteri, toplam laktik asit bakterileri (LAB), *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, sayımları yapılmıştır. Ayrıca çiğ süte uygulanan ışın dozuna bağlı olarak sütün fizikokimyasal (pH, viskozite, renk, serbest yağ asitliği (SYA), yağ asidi kompozisyonu, kolesterol, oksidatif aroma bileşenleri) özelliklerindeki değişim incelenmiştir. Çalışmanın ikinci kısmında ise UHT süte patojen bakteri (*Listeria monocytogenes* (ATCC 19115), *Salmonella* Typhimurium (ATCC 14028), *S. aureus* (ATCC 25923), *E. coli* (ATCC 35218)) inoküle edilerek farklı UV-C dozlarının bakteri inhibisyonu üzerine etkisi incelenmiştir. Ayrıca UV-C'nin sütün duyuşal özellikleri üzerine etkisini belirlemek için UHT süte farklı dozlarda UV-C uygulanmış ve duyuşal özellikleri belirlenmiştir. Tüm sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilerek optimum işlem parametreleri belirlenmeye çalışılmıştır. Optimum işlem parametreleri belirlendikten sonra uygulanan doz, süt miktarı, akış hızı parametreleri kullanılarak işletme ölçeğinde kullanılması gereken UV-C reaktör özellikleri (kapasite, lamba gücü, süt debisi) hesaplanmıştır.

#### 3.1. Materyal

Çalışma için kullanılacak süt Afyonkarahisar İlinin Beyyazı Kasabasında yerel bir üreticiden temin edilmiştir. 4 adet Simental cinsi inekten süt sağım makinası ile sağılan süt makinadan çıkar çıkmaz 1,5 L plastik şişelere alınarak laboratuvara getirilmiştir. Laboratuvarında istenilen sıcaklıklara soğutulması için süt steril cam şişelere alınarak 4, 8, 11, 16, 17, 21, ve 25 °C sıcaklık dereceleri ayarlanmıştır.

*S. aureus* (ATTC 25923) *E. coli* (ATTC 35218), *L. monocytogenes* (ATCC 19115), *S. Typhimurium* (ATCC 14028) den oluşan bakteri kültürleri Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Laboratuvarı kültür koleksiyonundan temin edilmiştir.



## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Deneme Planı

Design Expert modelleme programı ile Cevap-Yüzey yöntemi kullanılarak D-Optimal Quadratik modelde 2 faktörlü (akış hızı: 5-18 mL/dk ve sıcaklık: 4-25 °C) olarak çalışmanın deneme planı oluşturulmuştur. Deneme planına göre farklı sıcaklık ve farklı akış hızlarında UV-C reaktör ile 16 farklı uygulama yapılmıştır. Çalışma, Pozitif (pastörize süt) ve Negatif Kontrol (çiğ süt) ile birlikte toplam 18 örnek üzerinden yürütülmüştür. Her uygulama için ayrı bir kod verilmiştir. Deneme Planı ve örnek kodları Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. UV-C uygulamasının kullanıldığı Cevap Yüzey Yöntemine göre 16 farklı deney noktaları ve örnek kodları

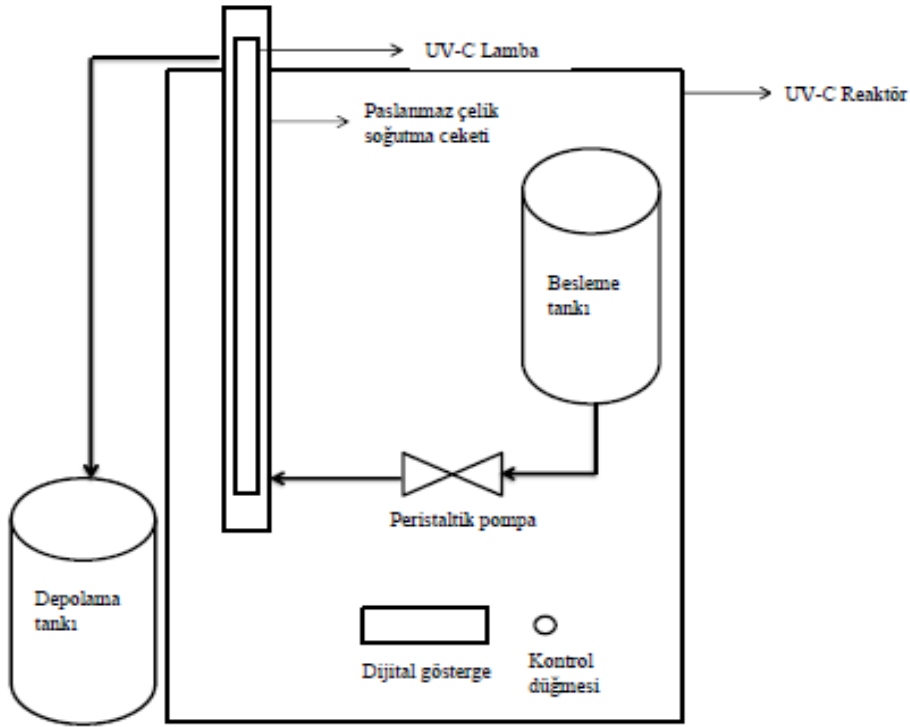
Deneme noktası	Örnek kodu	Akış hızı (mL/dk)	Sıcaklık °C
1	UV11a	18	25
2	UV11b	18	25
3	UV10a	18	11
4	UV10b	18	11
5	UV9	15	17
6	UV8a	15	4
7	UV8b	15	4
8	UV7	12	25
9	UV6	11	16
10	UV5	10	8
11	UV4	8	21
12	UV3a	5	25
13	UV3b	5	25
14	UV2	5	15
15	UV1a	5	4
16	UV1b	5	4

### 3.2.2. Sütün Pastörizasyonu

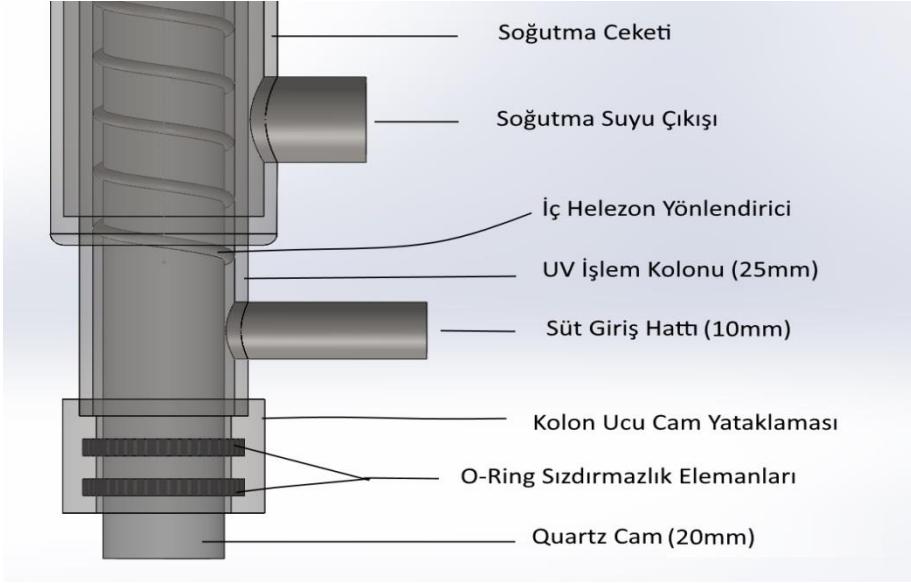
Steril cam şişelere alınan süt otoklavda 65 °C'de 30 dakika süreyle pastörize edilmiştir.

### 3.2.3. Süte UV-C Uygulanması

Çalışmada kullanılan UV-C reaktör Defne Mühendislik Laboratuvar Cihazları (Afyonkarahisar) tarafından yapılmıştır. UV-C reaktör ana gövde üzerine oturtulmuş 2 L kapasiteli paslanmaz çelik besleme ünitesi, peristaltik pompa, UV-C lambanın bulunduğu yine paslanmaz çelik kolon ve poliüretan ara bağlantı borularından oluşmaktadır. Kolon işlem sırasından sıcaklığın sabit kalmasını sağlamak amacıyla soğutma suyunun geçirilmesi için çift cidarlı tasarlanmıştır. Çalışmada kullanılan UV-C ünitesi Şekil 3.1'de verilmiştir. UV-C kolon Şekil 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan UV-C Ünitesi



Şekil 3.2. UV-C kolon

UV-C reaktöre ait görsel Şekil 3.3 verilmiştir.



Şekil 3.3. UV-C reaktör

Çalışmada Lightech GPH846T5L/HO/4 model UV-C lamba kullanılmıştır. Lambanın 253,7 nm’de ışınım gücü 18 W’tır.

Çalışmaya başlamadan 15 dk önce UV-C reaktör çalıştırılarak UV-C ışın ile kolon dezenfeksiyonu sağlanmıştır. Daha önce yapılan ölçümlerde kolon iç hacminin 150 ml olduğu tespit edilmiş, bu nedenle farklı bir uygulamaya geçildiğinde kolondan alınan ilk 200 ml süt atıldıktan sonra örnek alınmıştır.

#### 3.2.4. UV-C Reaktörün Temizlenmesi

Uygulama sonrası kolon, besleme haznesi, bağlantı elemanları yerinden sökülerek kaynatılmış sıcak su ile bulaşık deterjanı kullanılarak ön temizliği yapılmıştır. Temizlik öncesi kolon içindeki UV lamba ve quartz cam dikkatlice çıkartılmış alkol ve steril su ile silinmiştir. Ön yıkamadan sonra Gopisetty vd. (2018) uygulamış oldukları CIP prosedürü modifiye edilerek uygulanmıştır. Buna göre pompadan en yüksek akış hızında önce 250 mL steril su daha sonra 250 mL 0,1 N NaOH ve tekrar 250 mL steril su geçirilmiştir. Ön yıkama sonrası reaktörün parçaları tekrar monte edilmiş ve 1 L steril su ile son yıkama yapılmıştır.

#### 3.2.5. UV-C Işın Dozunun Hesaplanması

Süte uygulanan UV-C dozu, süt hacmi başına aktarılan enerji düzeyi temel alınarak belirlenmiş ve J/mL olarak ifade edilmiştir. UV-C reaktöründen geçiş sırasında uygulanan UV-C dozu, sütün kolondan akış hızı UV-C lambanın toplam çıkış gücü (18 W/Lamba) değerleri kullanılarak Pala (2011) ve Cilliers vd. (2014) tarafından önerilen eşitlik 1.1 yardımıyla teorik olarak hesaplanmıştır:

$$\text{Doz (J/mL)} = \text{Toplam UV-C çıkış gücü (W)} / \text{Akış Hızı (mL/sn)} \quad (1.1)$$

$$(W = J/sn)$$

#### 3.2.6. Reynolds (Re) Sayısının Hesaplanması

Reynolds sayısı (Re), bir tüp içindeki sıvı akışı için atalet kuvvetlerinin viskoz kuvvetlere oranının bir ölçüsüdür. Dairesel bir boru içindeki akış,  $Re < 2300$  için laminar,  $Re > 4000$  için türbülanslı ve bu değerler arasında geçiş evresinde olarak adlandırılır. Re sayısı eşitlik 1.2 göre hesaplanmıştır (Bandla, Choudhary, Watson ve Haddock, 2012).

$$Re=(\rho/\mu).V.De \quad (1.2)$$

$\rho$ : Yoğunluk

$\mu$ : Viskozite

V: Akış hızı

De: Akış kanalının çapı

### 3.2.7. Mikrobiyolojik Analizler

#### 3.2.7.1. Mikroorganizmaların geliştirilmesi

Çalışmanın ikinci aşaması olan UHT süte inoküle edilecek mikroorganizmalar (*S. Typhimurium* ATCC 14028, *L. monocytogenes* ATCC 19115, *S. aureus* ATCC 25923 ve *E. coli* ATCC 35218) Nutrient Broth besiyerinde geliştirilmiştir. 0,5 McFarland değerinde süt örneklerine inoküle edilmiştir. İnoküle edilen bakterilerin UV-C uygulamasından sonra canlı kalıp kalmadığı ve inaktivasyon kinetiği hesaplanmıştır.

#### 3.2.7.2. İnaktivasyon kinetiğinin hesaplanması

Çiğ süte ve patojen mikroorganizma inoküle edilmiş UHT süte farklı dozlarda UV-C uygulamasının mikroorganizmalar üzerindeki inaktivasyon kinetiğinin belirlenmesinde eşitlik 1.3'te verilen Log-Linear Modeli kullanılmıştır (Ünlütürk, Atılğan, Baysal ve Ünlütürk, 2010).

$$\text{Log}_{10} (N/N_0) = -k.t \quad (1.3)$$

N: İşlem sonrası mikroorganizma sayısı (kob/mL)

No: İşlem öncesi mikroorganizma sayısı (kob/mL)

k: İnaktivasyon hız sabiti

### **3.2.7.3. Toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) sayımı**

Toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) sayımı, Plate Count Agar (PCA, Oxoid, CM0463) besiyerinde  $30\pm 1$  °C'de  $48\pm 2$  saat inkübasyondan sonra koloni oluşturan birimler sayılmış ve sonuçlar canlı kob/mL olarak verilmiştir. (Pala, 2011).

### **3.2.7.4. Toplam maya-küf sayımı**

Toplam maya-küf sayımı, Dichloran Rose-Bengal Chloramphenicol Agar (DRBC, Oxoid, CM1148) besiyerinde  $25-28$  °C'de 5 gün inkübasyondan sonra belirlenmiştir. İnkübasyon sonunda kob/mL olarak hesaplanmıştır (Bakırcı ve Kayardı, 2017).

### **3.2.7.5. Toplam koliform grubu bakteri sayımı**

Toplam koliform grubu bakteri sayımları, Violet Red Bile Agar (VRBA, Oxoid, CM0978) besiyerinde  $37\pm 1$  °C'de  $24\pm 2$  saat inkübasyondan sonra gerçekleştirilmiştir. İnkübasyon süresinin sonunda ortası koyu kırmızı görünen koloniler sayılarak sonuçlar kob/mL olarak hesaplanmıştır (Bakırcı ve Kayardı, 2017).

### **3.2.7.6. Toplam laktik asit bakterileri (LAB) sayımı**

LAB sayımları Man Rogosa Sharpe (MRS, Oxoid, CM0361) Agar kullanılarak  $30\pm 1$  °C'de  $72\pm 2$  saat inkübasyondan sonra belirlenmiştir. Opak, beyaz görünen koloniler sayılarak sonuçlar kob/mL olarak hesaplanmıştır (Bakırcı ve Kayaardı, 2017).

### **3.2.7.7. *Staphylococcus aureus* sayımı**

Süt örneklerinin *S. aureus* sayımı, ISO (2003) tarafından belirtilen yönteme göre yapılmıştır. *S. aureus* sayımları, Egg Yolk Tellürit Emülsiyonu ile zenginleştirilmiş Baird-Parker Agar (BPA, Oxoid, CM1127) besiyerinde yayma plak yöntemine göre belirlenmiştir. Petriler,  $37\pm 1$  °C'de 48 saat süreyle inkübe edilmiş ve daha sonra tipik şeffaf bölgeleri olan siyah parlak koloniler sayılmıştır.

### **3.2.7.8. *Escherichia coli* sayımı**

Örneklerin *E. coli* sayımı ISO (2001) tarafından belirtilen yönteme göre yapılmıştır. 1 mL örnek petri kutusuna inoküle edilerek üzerine yaklaşık 15 mL  $44-47$  °C de Tryptone Bile

X-glucuronide Agar (TBX) dökülmüştür. Daha sonra petriler  $44\pm 1$  °C de  $18-24\pm 2$  saat arası inkübe edilmiş ve inkübasyon sonrası mavi koloniler sayılmıştır.

### **3.2.7.9. *Salmonella Typhimurium* sayımı**

Örneklerin *S. Typhimurium* sayımı ISO (2017a) tarafından belirtilen yöntemle yapılmıştır. Süt örneklerinden 1 mL alınarak 9 mL peptonlu su bulunan tüplere ilave edilmiş ve seyreltme yapılmıştır. Daha sonra Xylose Lysine Deoxycholate agar (XLD agar, Oxoid, CM0469) besiyerine ekim yapılarak petriler  $37\pm 1$  °C'de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda gelişen tipik koloniler sayılarak sonuçlar kob/ml olarak verilmiştir. Oluşan tipik kolonilerin API (Analytical Profile Index) 20E testi kullanılarak doğrulaması yapılmıştır.

### **3.2.7.10. *Listeria monocytogenes* sayımı**

Süt örneklerinin *L. monocytogenes* sayımı ISO (2017b) tarafından belirtilen yöntemle yapılmıştır. Hazırlanan dilüsyonlardan Agar Listeria according to Ottaviani and Agosti (ALOA, Oxoid, 1084) agar besiyerine ekim yapılmış ve petriler ters bir şekilde inkübatöre yerleştirilerek  $37\pm 1$  °C sıcaklıkta 24 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyondan sonraki  $24\pm 2$  saat içinde ALOA Agar içinde oluşan opak çerçeveli yeşil-mavi koloniler *L. monocytogenes* kolonileri olarak sayılmıştır. API (Analytical Profile Index) *Listeria* test kiti kullanılarak doğrulama yapılmıştır.

## **3.2.8. Fizikokimyasal Analizler**

### **3.2.8.1. pH analizi**

Uygun tampon çözeltiler ile kalibrasyonu yapılmış Isolab pH.mV.Temp model pH metre kullanılmıştır. 100 mL örnek içine prob daldırılarak okunan pH değeri sabitlenene kadar beklenmiştir (Kesenkaş ve Akbulut, 2010).

### **3.2.8.2. Viskozite analizi**

Süt örneklerinin viskozitesi Peltier ısıtma sistemi ile donatılmış gerilim ve sıcaklık kontrollü (Anton Paar, MCR 302, Avusturya), 0,5 mm aralık düzeyinde ve 25 °C sıcaklıkta  $100\text{ s}^{-1}$  kayma hızı aralığında belirlenmiştir (Arab vd., 2019).

### 3.2.8.3. Renk analizi

Örneklerin renk analizleri HunterLab renk ölçüm cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Her bir süt örneğinde üçer ölçüm yapılmış ve L\*, a\* ve b\* ve toplam renk değişimini gösteren  $\Delta E$  değerleri belirlenmiştir.  $\Delta E$  değerinin belirlenmesinde eşitlik 1.4'ten yararlanılmıştır (Onoğur, Elmacı ve Demirağ, 2011).

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (1.4)$$

### 3.2.8.4. D vitamini analizi

Örneklerin D (D<sub>3</sub>) vitamini analizi Burdur Mehmet Akif Üniversitesi Bilimsel ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi'nden hizmet alımı yoluyla yapılmıştır. Örneklerin analize hazırlanması için yaklaşık 25 mL örnek alınmış üzerine 30 ml kloroform metanol (2:1) katılmıştır. Ekstrakte edilmiş, organik faz evapore edilmiş kalan yağ 2 mL mobil fazda çözülmüş sisteme enjekte edilmiştir. Analiz HPLC Metoduna göre Shimadzu Prominence Marka HPLC kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Karppi, Nurmi, Olmedilla-Alonso, Granodo-Lorencio ve Nyssönen, 2008) . Sistem özellikleri aşağıda verilmiştir.

CBM: 20ACBM

Dedektör: DAD (SPD-M20A)

Kolon Fırını: CTO-10ASVp

Pompa: LC20 AT

Autosampler: SIL 20ACHT

Bilgisayar Programı: LC Solution

Kolon: C18 (250\*4,6 mm, 5 mikron)

Mobil Faz: Asetonitril:Metanol:Su (60:25:15, v/v)



### 3.2.8.5. Kolesterol analizi

Örneklerin kolesterol analizi Burdur Mehmet Akif Üniversitesi Bilimsel ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi'nden hizmet alımı yoluyla yapılmıştır. Oh, Shin ve Chang (2001)'in in çalışmalarında belirtilmiş olan metoda göre; 1 mL süt teflon astarlı vidalı kapakla donatılmış bir test tüpüne aktarılmıştır. 70 °C'de 30 dakika boyunca etanol (ağırlık/hacim) içinde 1 mL % 10 KOH ile doğrudan sabunlaştırma sağlanmıştır. Sabunlaşmayan kısım, 5 mL dietil eter ve 2 mL distile su kullanılarak ekstrakte edilmiştir. Dietil eter ekstraksiyonu 3 kez tekrarlanmış ve numune iyice durulanmıştır. Dietil eter ekstraktının bir kısmı, 50 mL'lik yuvarlak tabanlı, camla kapatılmış bir şişeye aktarılmış ve 50 °C'de döner bir vakum buharlaştırıcısı üzerinde kuruyana kadar buharlaştırılmıştır. Daha sonra 1 mL metanol içerisinde yeniden çözündürülmüştür. Doğrudan HPLC içine 20 µL enjekte edilmiştir.

Sistem özellikleri aşağıda verilmiştir.

CBM: 20ACBM

Dedektör: DAD (SPD-M20A)

Kolon Fırını: CTO-10ASVp

Pompa: LC20AT

Kolon: InertSustain C18 (100\*3,0 mm, 5 mikron)

### 3.2.8.6. Serbest yağ asitliği (SYA) analizi

Toplam serbest yağ asitleri değeri Renner (1993)'ın yöntemine göre (aktaran Gürsoy, Küçükçetin, Gökçe, Ergin ve Kocatürk, 2018) yağ ekstraksiyonu ve titrasyon yöntemi ile belirlenmiştir. 20 mL süt 200 mL dietil eter ile 1 dakika karıştırılmış ve kaba filtre kağıdı (0.18 mm kalınlık, 82 g/m<sup>2</sup> ağırlık) kullanılarak süzümüştür. Süzülen çözelti (dietil eter-lipid ekstraktı), analiz için yaklaşık 1-3 mL'lik son hacme ulaşmaya kadar 40 °C'de vakum altında bir döner buharlaştırıcı (Scilogex, ABD) kullanılarak konsantre edilmiştir. Lipid ekstraktları kuruyana kadar azot ile yıkanmış ve cam şişelerde daha sonraki analiz için -20 °C'de saklanmıştır.

### 3.2.8.7. Yağ asidi kompozisyonunun belirlenmesi

Örneklerin yağ asidi kompozisyonu Burdur Mehmet Akif Üniversitesi Bilimsel ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi'nden hizmet alımı yoluyla yapılmıştır. Kullanılan cihaz ve sistem özellikleri aşağıda verilmiştir.

Cihaz: Agilent Marka gaz kromatografi/kütle spektroskopisi (AGILENT 5975 C AGILENT 7890A GC )

Program: MSDCHEM

Kolon: DB WAX (50\*0,20 mm, 0,20 µm)

Çalışma Sıcaklığı: Fırın başlangıç sıcaklığı 80 °C'dir. 60 °C'de 4 dakika bekletildikten sonra dakikada 13 °C'lik artışla 175 °C 'ye çıkılmıştır. Bu sıcaklıkta 27 dakika beklenmiştir. Sonra dakikada 4 °C 'lik artışla 215 °C 'ye ulaşılmıştır. Bu sıcaklıkta 5 dakika beklenmiştir. Daha sonra dakikada 4 °C 'lik artışla 240 °C 'ye ulaşılmıştır. Bu sıcaklıkta 15 dakika beklenmiştir. Detektör ve enjektör sıcaklığı 240 °C. Enjeksiyon hacmi 1 µL (Yılmaz ve Seçilmiş, 2006).

Detektör ve enjektör sıcaklığı 240 °C.

Türevlendirici: Metanolik HCl derişimi 1.5 M, türevlendirme sıcaklığı 80 °C ve türevlendirme süresi 2 saat (Yılmaz ve Seçilmiş, 2006).

Akış Hızı: 1mL/dk

Split Ratio: 20:1

### 3.2.8.8. Oksidatif aroma bileşenlerinin belirlenmesi

Önce örneklerin katı faz mikroenjeksiyon (SPME) işlemleri gerçekleştirilmiştir. 21 mL süt örneği teflon septa (Supelco) ile donatılmış 40 mL şeffaf cam şişelere pipetlenmiştir. 75 µm'lik bir karboksen poli (dimetil siloksan) kaplı SPME lifi (Supelco), fiberin ucu süt yüzeyinin yaklaşık 1 cm yukarısında olacak şekilde 45 °C'de 22 dakika olacak şekilde manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır.

Gaz kromatografisi koşulları: Uçucu bileşikler, alev iyonizasyon detektörü ile donatılmış bir Agilent 6890A gaz kromatografisinden (Agilent Technologies Inc., Santa

Clara, CA) oluşan bir sistemin enjektör portunda desorbe edilmiştir. Enjektör sıcaklığı 280 °C idi ve tüm enjeksiyonlar ayırık modda yapılmıştır. Ayırma işlemi 30 m×0,25 mm i.d. ×0,25-µm film kalınlığında kılcal kolon (DB-5ms; J&W Scientific, Folsom, CA), helyum taşıyıcı gaz doğrusal akış hızı 35 cm/s olacak şekilde ayarlanmıştır. Fırın sıcaklığı, 15 °C /dk'lık bir hızda 35 ila 180 °C arasında ve 0,5 dakikalık başlangıç, ara ve son tutma süreleri ile 20 °C / dk'lık bir hızda 180 ile 260 °C arasında programlanmıştır. Alev iyonizasyon detektörü 300 °C'de tutulmuştur (van Aardt vd., 2005).

### 3.2.9. Duyusal Analizler

Örneklerin duyusal analizi puanlama test tekniği kullanılarak Altuğ ve Elmacı (2005)' da belirtildiği şekilde gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla yaşları 25-40 arasında değişen 12 eğitilmiş panelist kullanılmıştır. Panelistlere iki hafta süresince süt örneklerinin duyusal kalite özellikleri konusunda eğitim verilmiştir. Her tadımda panelistin yorulmaması için sadece 6 örnek sunulmuştur. Tadım esnasında panelistlerin daha doğru değerlendirme yapmalarına yardımcı olabilmek için Çizelge 3.2'de süt ve mamullerinin duyusal değerlendirme ölçeği hazırlanırken göz önünde tutulması gereken ölçütler ve Çizelge 3.3'te Alman Tarım Teşkilatı (DLG) tarafından hazırlanmış “çiğ sütlerde” puanla değerlendirme çizelgesi verilmiştir.

Çizelge 3.2. Süt ve ürünlerinin duyusal değerlendirme ölçeği hazırlanırken göz önünde tutulması gereken ölçütler (Anonim, 2012)

Nitelik	Puan
<b>Çok iyi:</b> Önceden belirlenen duyusal standartla çok uyumlu olan	5
<b>İyi:</b> Önceden belirlenen duyusal standartla uyumlu olan	4
<b>Az kusurlu:</b> Önceden belirlenen duyusal standarda göre az kusurlu olan	3
<b>Kusurlu:</b> Önceden belirlenen duyusal standarda göre belirgin derecede kusurlu olan	2
<b>Çok kusurlu:</b> Önceden belirlenen duyusal standarda göre çok kusurlu olan	1

Çizelge 3.3. Alman Tarım Teşkilatı (DLG) tarafından hazırlanmış “çiğ sütlerde” puanla değerlendirme çizelgesi (Anonim, 2012)

<b>Nitelik</b>	<b>En yüksek puan</b>
<b>Koku</b>	
Kusursuz	5
Kusurlu	3
<b>Tat</b>	
Kusursuz	5
Yavan	3
Acı	3
Yemimsi	3
Yağimsi	3
Metalik	3
Küflü	3
Maltımsı	3
Meyvemsi	3
Tuzlu	3
Sabunumsu	2
Balık Yağimsi	2
Ransit (acılaşmış)	2
<b>Yapı ve Görünüş (Renk)</b>	
Kusursuz	5
Kusur olarak kabul edilmeyen sapmalar	4
Belirgin protein ve yağ parçacıkları	3
Sertleşmiş yağ tanecikleri	2
Kanlı	2
Kirli	2

Şekil 3.4’te duyuşal panelde kullanılan form verilmiştir.

Süt Duyusal Analiz Formu

Panelist Numarası:.....

Sayın panelist,

Size, toplam 6 (altı) adet farklı süt örneği sunulacaktır. Lütfen süt örneklerini formda size sunulan sırayla inceleyiniz. Sütlerin özellikleri hakkındaki düşüncelerinizi işaretlemek için kutucuklardan birine çarpı işareti (X) koymanız yeterli olacaktır.

Süt örneklerini tatmaya başlamadan ve bir sonraki sütün tadına bakmadan önce bir miktar su içiniz.

Süt Örneğinin Numarası:.....

1. Süt örneğinin **RENGİNİ** inceleyip, düşüncenizi işaretleyiniz.

1.Çok kusurlu  2. Kusurlu  3.Az kusurlu  4.İyi  5.Çok iyi

2. Süt örneğinin **KOKUSUNU** inceleyip, düşüncenizi işaretleyiniz.

1.Çok kusurlu  2. Kusurlu  3.Az kusurlu  4.İyi  5.Çok iyi

3. Süt örneğinin **LEZZETİNİ (Tat ve Aroma)** inceleyip, düşüncenizi işaretleyiniz.

1.Çok kusurlu  2. Kusurlu  3.Az kusurlu  4.İyi  5.Çok iyi

4. Süt örneğinin **GENEL BEĞENİNİZ** ile ilgili olarak düşüncenizi işaretleyiniz.

1.Çok kusurlu  2. Kusurlu  3.Az Kusurlu  4.İyi  5.Çok iyi

Şekil 3.4. Süt örnekleri için duyusal analiz formu

### 3.2.10. İstatistiksel Analizler

Çalışmada Cevap Yüzey Yöntemine göre akış hızı ve sıcaklığın etkisi belirlenmiştir. Önemli bulunan gruplar arasındaki farkı belirlemek amacıyla SPSS v 24.0 istatistik paket programında Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

### 4.1. Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

Farklı dozlarda UV-C ışın uygulanmış çiğ süt örneklerine ait mikrobiyolojik analiz sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış çiğ sütlerin mikrobiyolojik analiz sonuçları (log<sub>10</sub> kob/mL)

Uygulama	Doz (J/mL)	TMAB Sayısı	Toplam Maya-Küf Sayısı	Toplam Koliform Grubu Bakteri	LAB	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>
NK(Çiğ Süt)	0	5,29±0,17a	3,90	1,77	3,88	1,48	1,51
PK(Past. Süt)	0	2,96±0,11g	-*	-	-	-	-
UV11a(18ml/dk-25 °C)	60	3,81±0,04b	-	-	-	-	-
UV11b(18ml/dk-25 °C)		3,81±0,04b	-	-	-	-	-
UV10a(18ml/dk-11 °C)		3,82±0,05b	-	-	-	-	-
UV10b(18ml/dk-11 °C)		3,81±0,03b	-	-	-	-	-
UV9(15ml/dk-17 °C)	72	3,69±0,06c	-	-	-	-	-
UV8a(15ml/dk-4 °C)		3,65±0,08c	-	-	-	-	-
UV8b(15ml/dk-4 °C)		3,65±0,02c	-	-	-	-	-
UV7(12ml/dk-25 °C)	90	3,38±0,13d	-	-	-	-	-
UV6(11ml/dk-16 °C)	98,4	3,18±0,11f	-	-	-	-	-
UV5(10ml/dk-8 °C)	107,8	2,60±0,01h	-	-	-	-	-
UV4(8ml/dk-21 °C)	135,4	2,80±0,04ı	-	-	-	-	-
UV3a(5ml/dk-25 °C)	216,9	3,25±0,03e	-	-	-	-	-
UV3b(5ml/dk-25 °C)		3,25±0,05e	-	-	-	-	-
UV2(5ml/dk-15 °C)		3,22±0,03ef	-	-	-	-	-
UV1a(5ml/dk-4 °C)		3,20±0,09ef	-	-	-	-	-
UV1b(5ml/dk-4 °C)		3,20±0,07ef	-	-	-	-	-

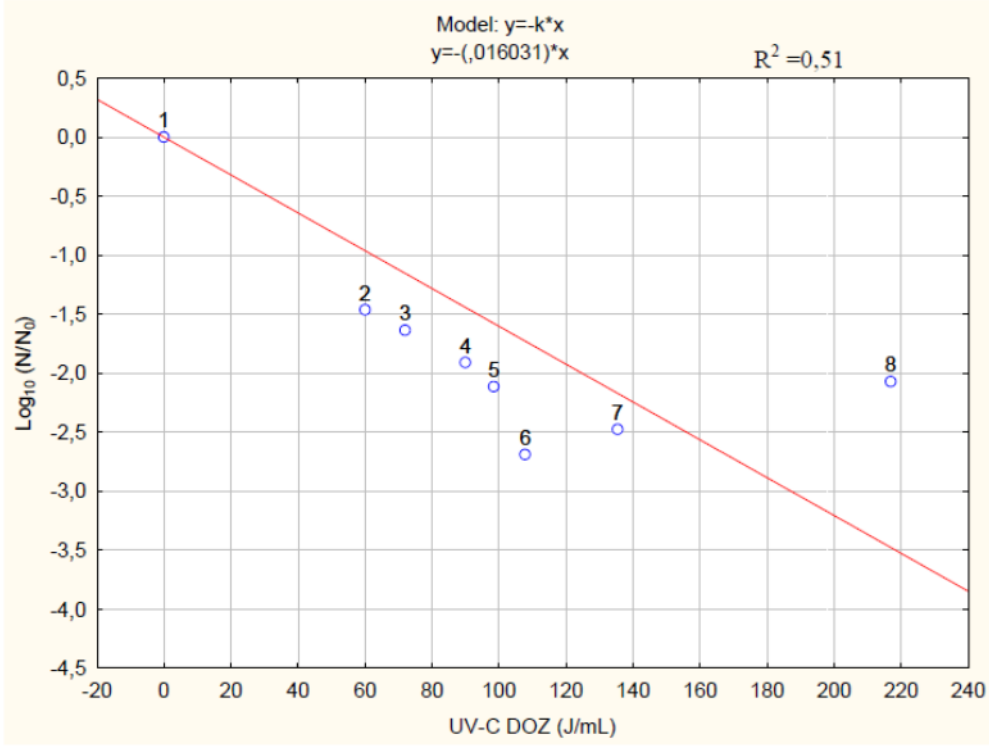
\*Aynı sütündeki farklı harfler istatistiksel farkı belirtmektedir (p<0,05). ±: Standart sapma

-\*: <10 kob/mL

Çiğ sütte Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri (TMAB) sayısı  $\log_{10}$  5,29 kob/mL, pastörize sütte ise  $\log_{10}$  2,96 kob/mL olarak belirlenmiştir. Çiğ sütteki mikroorganizma sayısında uygulanan ışın dozuna bağlı olarak en az  $\log_{10}$  1,47, en fazla  $\log_{10}$  2,69 azalma olduğu görülmüştür. TMAB sayısının en düşük doz (60 J/mL) uygulamasında  $\log_{10}$  3,82 kob/mL, en yüksek doz (216,9 J/mL) UV-C uygulamasında  $\log_{10}$  3,25 kob/mL seviyesine gerilediği, çiğ sütte yaklaşık 2-3 log azalma olduğu tespit edilmiştir. En düşük TMAB sayısı 107,8 J/mL doz UV-C uygulanmış süt örneğinde  $\log_{10}$  2,60 kob/mL olarak bulunmuştur. Çiğ süt ile UV-C uygulanmış sütler arasında TMAB sayısı bakımından aralarındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0,05$ ).

TMAB test sonuçlarına göre 216,9 J/mL doz ile 98,4 J/mL doz uygulamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaz iken diğer uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0,05$ ). UV-C uygulamasında sıcaklık faktörünün TMAB üzerine etkili olmadığı belirlenmiştir ( $p > 0,05$ ).

Uygulanan ışın dozu arttıkça mikrobiyal inaktivasyonda artış beklenmektedir. TMAB sonuçları incelendiğinde en fazla inaktivasyonun 107,8 J/mL dozluk uygulamada olduğu belirlenmiştir. En yüksek doz (216,9 J/mL) uygulamasında sütün debisi en düşük seviyede olmasından dolayı süt daha fazla ışına maruz kalmıştır. Çiğ sütteki TMAB sayısının 5 log kob/mL civarında olduğu, UV-C uygulama ile çiğ sütte 3 log'luk bir azalmanın olduğu görülmüştür. Çalışmada kullanılan sütün başlangıç bakteri sayısının kabul edilebilir düzeyde olduğu göz önünde bulundurulduğunda UV-C uygulamasının etkinliğinin belirlenmesinde sadece TMAB sonuçları yeterli değil, aynı zamanda UV-C uygulamasının patojen bakterileri inaktive etme gücü de belirlenmelidir. Yapılan istatistiki analizlerde cevap yüzey yöntemine göre uygulanan model ve modele göre akış hızı önemli bulunmuştur. Şekil 4.1'de TMAB için inaktivasyon grafiği verilmiştir. İnaktivasyon garfiğine göre ışın dozu arttıkça inaktivasyon derecesi de artmıştır. Bakteri sayısında en fazla inaktivasyon 2,69 log azalma ile 107,8 J/mL doz uygulamasında görülmüştür. İnaktivasyon derecesi en az (1,47 log azalma) olan doz 60 J/mL olarak kaydedilmiştir. İnaktivasyon kinetiği için  $R^2$  değeri 0,51 olarak bulunmuştur.



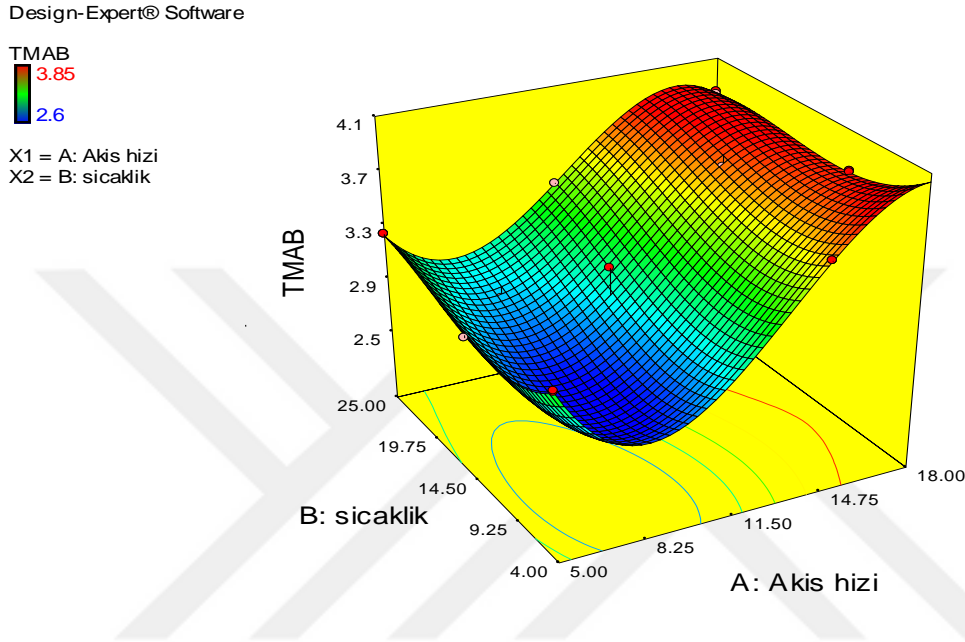
Şekil 4.1. TMAB için inaktivasyon grafiği

Bandla, Choudhary, Watson and Haddock, (2012) yapmış oldukları benzer bir araştırmada UV-C uygulaması ile çiğ sütte toplam mikroorganizma yükünde  $\log_{10}$  2,3 değerinde bir azalma sağlandığını tespit etmişlerdir. Benzer diğer bir çalışmada ise süte UV-C uygulamasının TMAB sayısını 2,01 log azaltmasından dolayı UV-C işleminin toplam bakteri ve koliform bakteri yükü üzerine pastörizasyon kadar etkili olduğu rapor edilmiştir (Engin, 2009). Başka bir çalışmada Reinemann vd., (2006), taze inek sütüne 1,5 kJ/L dozunda UV uygulaması ile TMAB, koliform ve psikrofil bakteri sayılarında önemli bir azalma olduğunu belirtmişlerdir. Kasahara, Carrasco ve Aguilar (2015) *Escherichia coli* inoküle edilmiş keçi sütünde 10,000 mJ cm<sup>-2</sup> doz atımlı UV-C ışınlama ile *E.coli* sayısında 6 log azalma sağlandığını, ışınlanmış ve ışınlanmamış örnekler arasında fiziksel ve bileşim olarak değişikliğin istatistiksel olarak önemsiz olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca UV-C ışınlama işlemi süt harici pek çok gıdada da uygulanmıştır. Taze havuç suyuna UV-C uygulanması üzerine yapılan bir araştırmada ise toplam bakteri yükünde 4,56 logluk bir azalma olduğu tespit edilmiştir (Riganakos, Karabagias, Gertzou ve Stahl, 2017).

Ütebay (2018), yapmış olduğu çalışmada elma şarabı üzerine UV-C etkisini incelemiş, şaraba işlenecek elma suyunun başlangıç TMAB sayısı 4,7 log kob/mL olarak belirlenmiş ve UV-C uygulaması sonucu 3,3 log azalma olduğu rapor edilmiştir. Bizim çalışmamızda



bulduğumuz değerlerin literatür verileri ile uyumlu olduğu görülmektedir. Kullanılan çiğ sütün başlangıç yükü, süte uygulanan UV-C dozu ve uygulama süresi gibi faktörlerin TMAB sayısı üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Şekil 4.2’de farklı akış hızı ve farklı sıcaklıkta UV-C uygulanmış çiğ sütlerin TMAB sayılarına ait cevap yüzey yöntemi ile elde edilmiş grafik verilmiştir.



Şekil 4.2. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış çiğ sütlerin TMAB sayısındaki değişim

UV-C uygulamada farklı sıcaklıkların (4-25 °C) ve farklı akış hızlarının (5-18mL/dk) TMAB sayısı üzerine etkisi istatistiksel olarak değerlendirildiğinde çiğ süte UV-C uygulamasının sütün mikrobiyal yükü üzerinde etkili olduğu görülmektedir ( $p< 0,05$ ). Akış hızı 5 mL/dk sıcaklık 25 °C iken TMAB sayısı  $\log_{10}$  3,25 kob/mL olarak bulunmuştur. Aynı akış hızında 15 °C’de TMAB sayısı  $\log_{10}$  3,22 kob/mL, 4 °C’de ise  $\log_{10}$  3,20 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar UV-C uygulamasında sütün sıcaklığının TMAB sayısı üzerine etkisinin olmadığını göstermektedir ( $p>0,05$ ). Farklı sıcaklıklarda aynı dozda UV-C uygulamaları incelendiğinde sıcaklık değişiminin UV-C işlemi ile TMAB sayısı üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemsiz olduğu tespit edilmiştir ( $p>0,05$ ). Akış hızı yavaşladıkça TMAB sayısı azalmıştır. En az TMAB sayısına ( $\log_{10}$  2,60 kob/mL) 10 mL/dk akış hızında ulaşılmıştır. En yavaş akış hızı olan 5mL/dk için TMAB sayıları daha yüksek ( $\log_{10}$  3,25) bulunmuştur. Bunun nedeninin sütün qurtz cama temas ederek kolon içinden geçmesine bağlı quartz cam üzerine bağlı kalan yağ miktarının oluşturduğu katman olduğu düşünülmektedir. 5

mL/dk akışta süt çok yavaş ilerlediği için quartz cama bağlanan yağ miktarı ve cam üzerinde oluşan yağ katmanı UV-C lambanın etkinliğini olumsuz yönde etkilemiş olabileceği düşünülmektedir.

Çiğ sütte diğer bir mikrobiyal kalite kriteri olan toplam maya-küf sayısı  $\log_{10}$  3,90 kob/mL olarak tespit edilmiştir. UV-C uygulanan tüm örneklerde toplam maya-küf sayısı tespit edilmemiştir. Süte 60-216,9 J/mL doz UV-C uygulamasının sütün toplam maya-küf sayısında 3-4 log kob/mL azalma sağladığı tespit edilmiştir.

Benzer bir çalışmada ise toplam maya-küf üzerine UV-C uygulamasının 0,65 log'luk bir azalma sağladığı belirlenmiştir (Engin, 2009). Pala (2011), yapmış olduğu araştırma sonucunda UV-C uygulamasının maya-küf sayısında nar suyunda 1,45 log, portakal suyunda ise 0,52 log düzeyinde azalmaya yol açtığını tespit etmiştir. Farklı bir araştırma da ise elma şarabı üretiminde kullanılacak elma suyuna UV-C uygulanmış ve maya-küf sayısında 2,4 log'luk bir azalma sağlandığı kaydedilmiştir (Ütebay, 2018).

Portakal suyuna UV-C uygulaması üzerine yapılan bir çalışmada ise maya ve küf sayımındaki maksimum azalmanın, 108,42 mJ/cm<sup>2</sup> UV dozunda 20 dakikalık UV işlem süresi sonunda sağlandığı belirlenmiştir (Taze, Ünlütürk, Buzrul ve Alpas, 2015).

UV-C'nin inaktivasyon etkinliği, başlangıçtaki mikroorganizma düzeyine, uygulanan ışın dozuna, ve optik yoğunluğuna bağlı olarak değişmektedir (Diesler vd., 2019). Bizim çalışmamızda kullanılan sütün başlangıç maya-küf sayısı düşüktür bu nedenle uygulanan ışın dozlarından hemen hemen tamamı maya-küf sayısını tespit edilemeyecek düzeye indirgemıştır. Çalışma sonuçları Diseler vd. (2019)'un sonuçları ile paraleldir.

Süt sağım öncesi ve sağım sonrası yetersiz hijyen uygulamalarının bir göstergesi olan koliform grubu bakteriler sütün mikrobiyolojik kalitesinin belirlenmesinde önem taşımaktadır. Araştırmada kullanılan çiğ sütün başlangıçta toplam koliform sayısı  $\log_{10}$  1,77 kob/mL olarak tespit edilmiştir. UV-C uygulamasının toplam koliform grubu bakteriler üzerine etkisi incelendiğinde uygulanan tüm dozlarda tespit edilemeyecek düzeye kadar inaktivasyon sağlandığı belirlenmiştir.

Engin (2009), çiğ süte UV-C uygulaması üzerine yapmış olduğu çalışmada 4,18 log kob/mL düzeyinde bulunan koliform grubu bakterilerin UV-C işlemi sonrası tespit

edilemeyecek düzeye indirildiğini bildirmiş ve UV-C uygulamasının pastörizasyon kadar etkili olduğunu rapor etmiştir.

SurePure gibi ticari olarak temin edilebilen türbülanslı akış UV-C sistemlerinde yapılan çalışmalar, çiğ sütün UV-C ile işlenmesinin, standart plaka, psikotropik, koliform ve termodurik bakteri yükünü 3-4 log azaltabildiğini ve raf ömrünü 14 güne kadar uzatabildiğini göstermiştir (Koutchma, 2014).

UV-C işleminin laktik asit bakterileri üzerine etkisi incelendiğinde, çiğ sütün başlangıç yükünün 3,88 log kob/mL olduğu tespit edilmiştir, UV-C uygulanan tüm gruplarda ise laktik asit bakteri sayısının tespit edilemeyecek düzeye indirildiği görülmüştür. Süte 60-216,9 J/mL doz aralığında bir UV-C uygulamasının laktik asit bakterileri üzerinde yaklaşık 3 log'luk bir azalma yaptığı tespit edilmiştir.

*S. aureus* ve *E. coli* sayıları incelendiğinde ise çiğ süte başlangıçta sırasıyla log<sub>10</sub> 1,48 ve log<sub>10</sub> 1,51 kob/mL düzeyinde bakteri tespit edilmiştir. UV-C uygulaması ile tüm gruplarda hem *S. aureus* hem de *E. coli* için tespit edilemeyecek düzeye (<10kob/mL) düştüğü belirlenmiştir. Benzer bir çalışmada insan sütü üzerine sırasıyla 400 ve 700 J/L doz UV-C uygulamalarında hem *S. aureus* hem de *E. coli* tespit edilemeyecek düzeye indirgenmiştir (Martysiak-Żurowska vd., 2017).

Çalışmada kullanılan sütün başlangıç *S. aureus* ve *E. coli* yükü düşük olduğundan farklı dozların ya da aynı dozda farklı sıcaklığın etkinliğinden söz etmek mümkün değildir. Bu yüzden uygulanan farklı doz ve sıcaklıkların patojen bakteriler üzerine etkisi UHT süte yüksek miktarda patojen bakteri inokulasyonu yapılarak ayrıca çalışılmıştır. UHT süte inokülasyon sonrası UV-C uygulaması sonucu mikrobiyal yükteki azalma göz önünde bulundurularak bir değerlendirme yapılmıştır. Patojen bakteri ilave edilmiş UHT süte ait mikrobiyolojik sayım sonuçları Çizelge 4.2'de verilmiştir.

UHT süte başlangıçta 4,30 log kob/mL seviyesinde *S. Typhimurium* (ATCC 14028), 4,43 log kob/mL seviyesinde *L. monocytogenes* (ATCC 19115), 4,67 log kob/mL seviyesinde *S. aureus* (ATCC 25923) ve 4,15 log kob/mL seviyesinde *E. coli* (ATCC 35218) patojen bakterileri olacak şekilde inoküle edilmiştir. 60 J/mL doz UV-C uygulaması ile *S. Typhimurium* bakteri sayısı 2,30 log kob/mL seviyesine, *L. monocytogenes* sayısı 1,92 log kob/mL seviyesine, *S. aureus* sayısı 2,76 log kob/mL seviyesine *E. coli* sayısı 1,81 log kob/mL seviyesine gerilemiştir. En yüksek doz olan 216,9 J/mL uygulamasında ise benzer

şekilde sırasıyla *S. Typhimurium* bakteri sayısı 1,50 log kob/mL seviyesine, *L. monocytogenes* sayısı 1,50 log kob/mL seviyesine, *S. aureus* sayısı 1,91 log kob/mL seviyesine gerilerken *E. coli* sayısı tespit edilemeyecek düzeye inmiştir.

Çizelge 4.2 Patojen bakteri ilave edilerek farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış UHT sütlerin mikrobiyolojik analiz sonuçları (log<sub>10</sub> kob/mL)

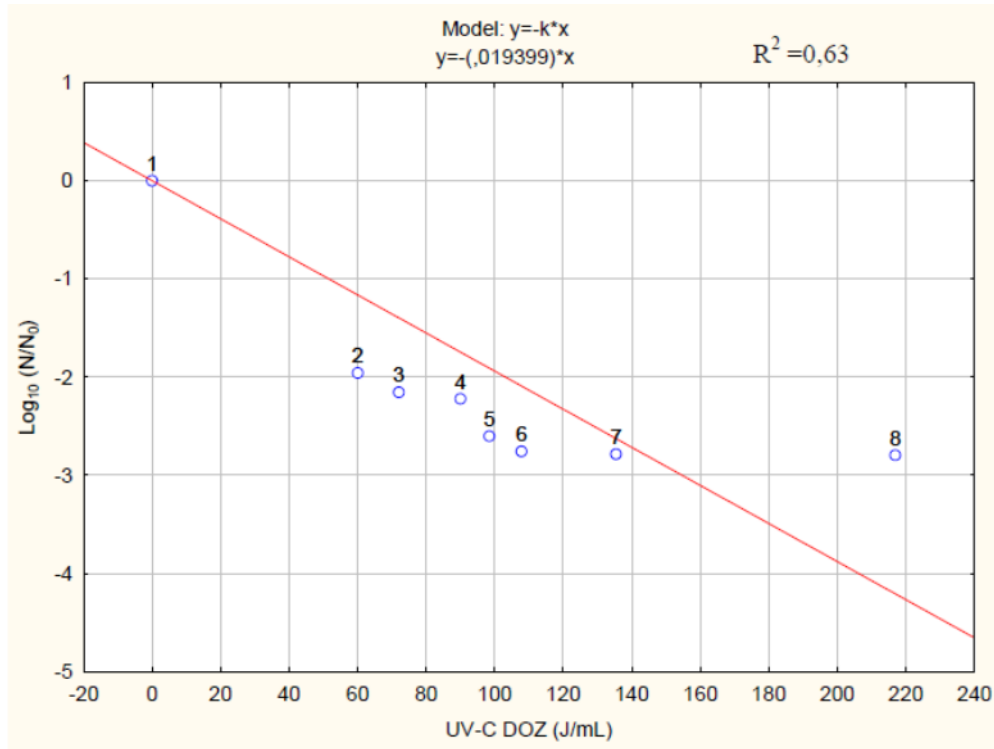
Uygulama	Doz (J/mL)	<i>S. Typhimurium</i>	<i>L. monocytogenes</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>
NK <sub>(UHT Süt)</sub>	0	4,30±0,01a	4,43±0,13a	4,67±0,09a	4,15±0,12a
UV11a <sub>(18ml/dk-25 °C)</sub>	60	2,35±0,17b	1,92±0,09b	2,77±0,02b	1,82±0,12b
UV11b <sub>(18ml/dk-25 °C)</sub>		2,35±0,08b	1,92±0,07b	2,77±0,06b	1,82±0,14b
UV10a <sub>(18ml/dk-11 °C)</sub>		2,32±0,04b	1,91±0,10b	2,76±0,21b	1,80±0,03b
UV10b <sub>(18ml/dk-11 °C)</sub>		2,32±0,13b	1,91±0,12b	2,76±0,12b	1,80±0,05b
UV9 <sub>(15ml/dk-17 °C)</sub>	72	2,14±0,13c	1,85±0,09c	2,74±0,11b	1,77±0,08b
UV8a <sub>(15ml/dk-4 °C)</sub>		2,12±0,09cd	1,82±0,03c	2,75±0,15b	1,77±0,11b
UV8b <sub>(15ml/dk-4 °C)</sub>		2,10±0,11cd	1,82±0,05c	2,74±0,23b	1,77±0,09b
UV7 <sub>(12ml/dk-25 °C)</sub>	90	2,07±0,08d	1,76±0,09d	2,73±0,12b	1,67±0,09c
UV6 <sub>(11ml/dk-16 °C)</sub>	98,4	1,70±0,12e	1,60±0,21e	2,72±0,08b	-
UV5 <sub>(10ml/dk-8 °C)</sub>	107,8	1,53±0,09f	-*	2,60±0,07c	-
UV4 <sub>(8ml/dk-21 °C)</sub>	135,4	1,51±0,13f	-	2,36±0,10d	-
UV3a <sub>(5ml/dk-25 °C)</sub>	216,9	1,51±0,16f	1,54±0,11f	1,93±0,13e	-
UV3b <sub>(5ml/dk-25 °C)</sub>		1,51±0,12f	1,54±0,20f	1,93±0,11e	-
UV2 <sub>(5ml/dk-15 °C)</sub>		1,50±0,09f	1,50±0,10f	1,93±0,09e	-
UV1a <sub>(5ml/dk-4 °C)</sub>		1,49±0,07f	1,51±0,08f	1,91±0,05e	-
UV1b <sub>(5ml/dk-4 °C)</sub>		1,49±0,13f	1,51±0,06f	1,91±0,03e	-

\*Aynı sütündeki farklı harfler istatistiksel farkı belirtmektedir ( $p < 0,05$ ). ±: Standart sapma  
-\*: tespit edilemedi

Aynı akış hızında farklı sıcaklık uygulanan gruplar (UV1a, UV1b, UV2, UV3a, UV3b, UV8a, UV8b, UV9, UV10a, UV10b, UV11a, UV11b ) kendi içlerinde ayrıca incelenmiş ve

aynı doz uygulanan gruplar arasında anlamlı bir fark olmadığı, UV-C işlemi ile *S. Typhimurium* inaktivasyonunda sıcaklığın etkisinin olmadığı belirlenmiştir ( $p>0,05$ ).

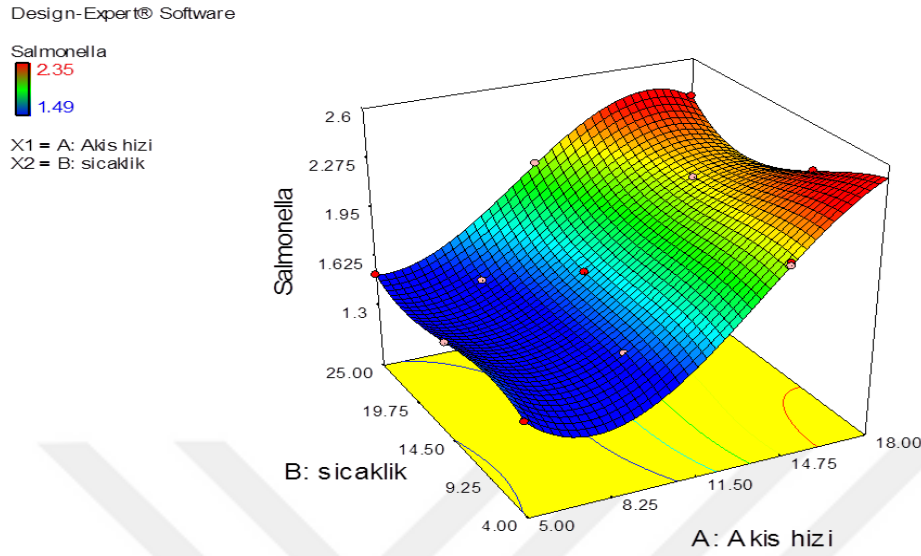
UHT süte inoküle edilen *S. Typhimurium* sayıları incelendiğinde uygulanan UV-C dozu arttıkça mikroorganizma sayısında düşüş olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4.3'te *S. Typhimurium* için inaktivasyon grafiği verilmiştir. *S. Typhimurium* sonuçlarına yapılan istatistiki analizlerde cevap yüzey yöntemlerine uygulanan modele göre akış hızı önemli bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Şekil 4.4'te farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış sütlerde *S. Typhimurium* sayısındaki değişim verilmiştir.



Şekil 4.3. *S. Typhimurium* için inaktivasyon grafiği

Üç boyutlu cevap yüzey grafiği (Şekil 4.4) incelendiğinde inaktivasyonda etkin parametrenin sütün reaktörden geçiş hızı olduğu görülmektedir. Sıcaklık değişimi ile bakteri inaktivasyonunda değişim olmadığı, akış hızındaki azalmaya paralel olarak bakteri sayısında azalma olduğu tespit edilmiştir. UHT sütüne başlangıçta *S. Typhimurium* ilave edilmiş ve bakteri yükü 4,30 log kob/mL olarak belirlenmiştir. En fazla inaktivasyon 216,9 J/mL doz uygulamasında (5 mL/dk akış hızı) sağlanarak *S. Typhimurium* 1,49 log kob/mL düzeyine düşürülmüştür. En düşük doz olan 60 J/mL uygulamalarında (18 mL/dk akış hızı) ise bakteri

yükü 2,35 log kob/mL düzeyine inmiştir. UV-C uygulaması ile *S. Typhimurium* için en düşük 1,95 log, en yüksek ise 2,81 log azalma sağlanmıştır.



Şekil 4.4. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulaması ile UHT sütlerin *S. Typhimurium* sayısındaki değişim

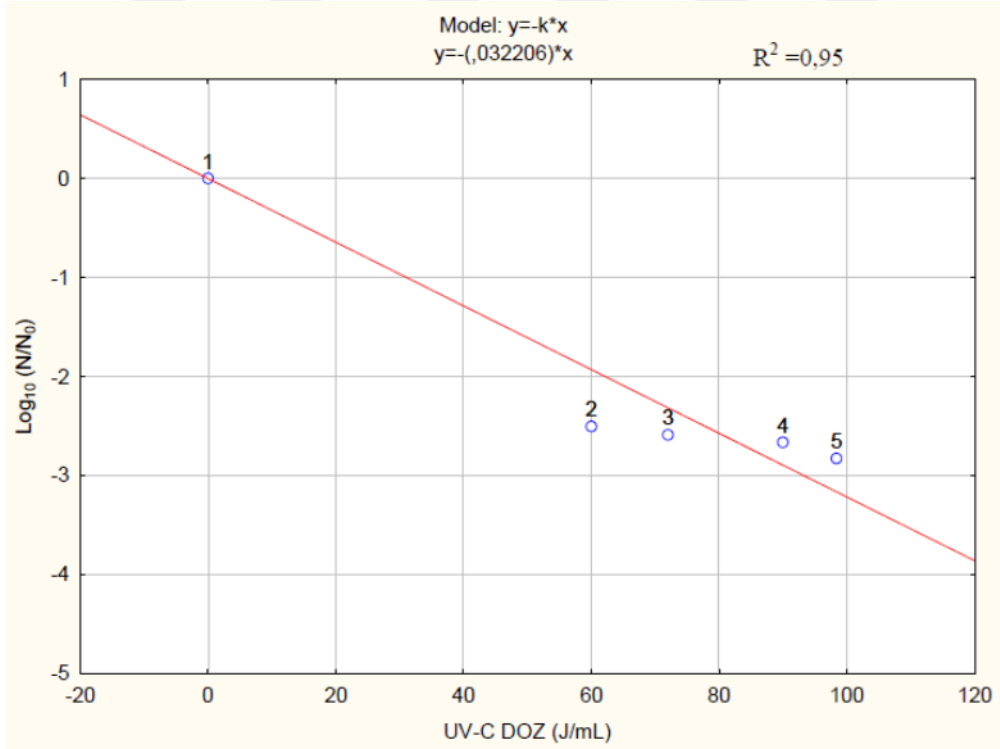
*S. Typhimurium* ile ilgili benzer çalışmalarda ananas suyunda *S. typhimurium* TISTR 292 varlığını inaktive etmek için üç farklı dozda (13,75, 10,37 ve 10,10 mJ/cm<sup>2</sup>) UV-C uygulaması yapılmış en yüksek mikrobiyal inaktivasyon, 5 log<sub>10</sub> kob/ml'lik bir azalma ile 13,75 mJ/cm<sup>2</sup> dozda elde edildiği tespit edilmiştir (Mansor, Shamsudin, Adzahan ve Hamidon, 2014).

Soya sütüne UV-C uygulamasının *Salmonella enteritidis* üzerine etkisinin incelendiği bir başka çalışmada farklı sıcaklıklarda UV-C uygulanmış ve bakteri inaktivasyonunda sıcaklığın etkisi olduğu belirlenmiştir. 4 °C'de 1,45 ± 0,64 log kob/mL ve 18 °C'de 5,40 ± 0,17 log kob/mL azalma olduğu saptanmıştır (Possas vd., 2018).

Farklı bir çalışmada ise ultrasonikasyon ile UV-C kombine bir sistem olarak kullanılmış ve 90 dakikalık US-UV-C ışık uygulamasının sıvı yumurta sarılarında *S. Typhimurium* inaktivasyonunu 1,33 log değerinde sağladığı tespit edilmiştir (Uyar, 2018).

Çalışmada bulunan değerler, Mansor, Shamsudin, Adzahan ve Hamidon, (2014) bulunduğu değerlerden düşük, Possas vd., (2018) ve Uyar, (2018)'in bulunduğu değerler ile benzerlik göstermektedir.

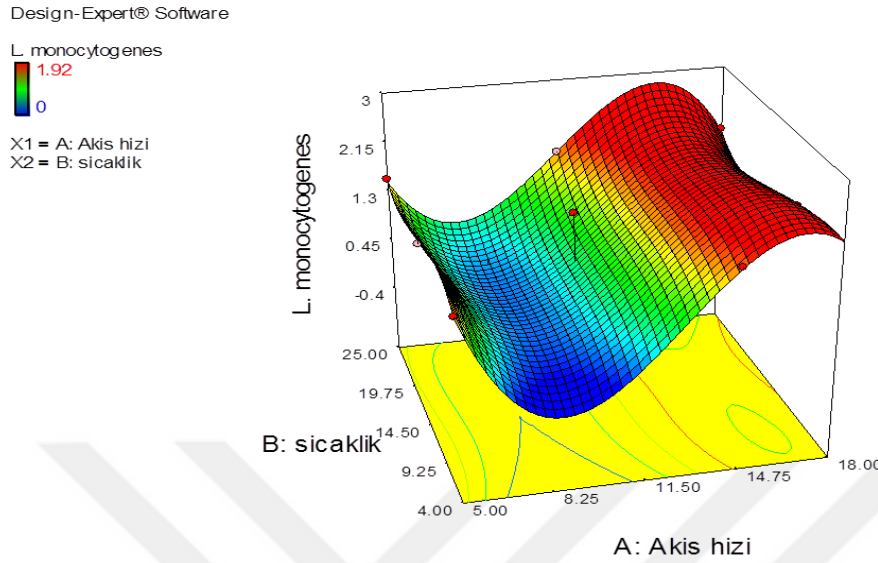
Çalışmada UHT süte inoküle edilen psikrotrof bir patojen olan *L. monocytogenes* hayvan, toprak, yem, su gibi kaynaklardan süte bulaşabilir ve soğukta muhafaza edilen sütlerde çoğalabilir (Heperkan, 2016). Bu nedenle süte uygulanacak pastörizasyon işlemlerinin *L. monocytogenes* bakterisini inhibe etmesi çok önemlidir. *L. monocytogenes* ilave edilmiş UHT sütün bakteri sayımı yapıldığında sütün başlangıçta yükü  $\log_{10}$  4,43 kob/mL olarak bulunmuştur. UV4 (Doz: 135,4 J/mL) ve UV5 (Doz: 107,8 J/mL) nolu uygulamalarda *L. monocytogenes* tespit edilemeyen düzeye (<10 kob/mL) indirgenmiştir. En düşük doz (60 J/mL) uygulamalarında  $\log_{10}$  1,92 kob/mL, en yüksek doz (2160,9 J/mL) uygulamalarında ise  $\log_{10}$  1,54 kob/mL düzeyine indirgendiği görülmüştür. 60-216,9 J/mL aralığındaki doz uygulamalarında en düşük 2,51 log azalma en yüksek ise tespit edilemeyecek düzeye kadar azalma olduğu belirlenmiştir. *L. monocytogenes* için inaktivasyon grafiği Şekil 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4.5. *L.monocytogenes* için inaktivasyon grafiği

UV-C uygulaması ile patojen bakteri ilave edilmiş UHT sütlerin *L. monocytogenes* sayısındaki değişime ait Şekil 4.6 incelendiğinde sütün akış hızı arttıkça maruz kaldığı UV-C dozu düştüğünden inaktivasyon gücünde azalma olduğu görülmektedir ( $p<0,05$ ). Cevap yüzey yöntemine uygulanan modelde etkili faktör akış hızı olduğu sıcaklığın etkili olmadığı

belirlenmiştir ( $p>0,05$ ). Şekil 4.6’da farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış UHT sütlerin *L. monocytogenes* sayısındaki değişim verilmiştir.



Şekil 4.6. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulaması ile *L. monocytogenes* sayısındaki değişim

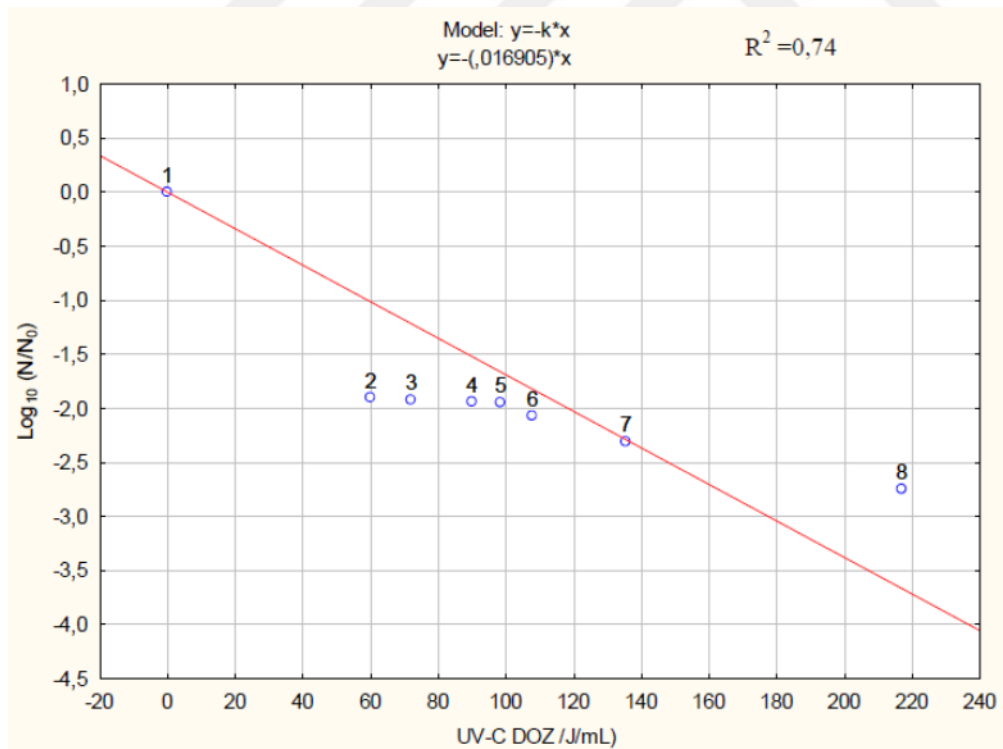
UV-C uygulamasıyla *L. monocytogenes* bakterisinin inaktivasyonu benzer çalışmalar ile karşılaştırıldığında 2,51 log’luk bir azalmanın literatür verileri ile benzerlik gösterdiği belirlenmiştir. UV4 ve UV5 uygulamalarında ise *L. monocytogenes* bakteri yükü tespit edilemeyecek düzeye indirgenerek yaklaşık 4 log’luk bir azalma sağlanmıştır. Benzer bir çalışmada peptonlu su ve domates suyuna UV-C ve ohmic ısıtma ayrı ayrı ve kombine şekilde uygulanarak *L. monocytogenes* için inaktivasyon kinetiği incelenmiştir. Sonuçlara göre yalnız UV-C uygulamasında peptonlu suda 0,38 log, domates suyunda ise 0,23 log azalma sağlanmıştır. UV-C ve ohmik ısıtmanın birlikte uygulanması halinde ise peptonlu suda 1,82 log, domates suyunda ise 2,70 log azalma kaydedildiği bildirilmiştir (Kim, Park, Kim ve Kang, 2019).

Gabriel, D. Melo ve D. Michelena (2020) yapmış oldukları çalışmada kurutulmuş defne yapraklarını farklı dozlarda UV-C ışına maruz bırakarak *E. coli* O157:H7, *S. enterica*, *P. aeruginosa*, *L. monocytogenes*, ve *S. aureus* bakterilerinin inaktivasyon derecelerini incelemiştir. 3942 mJ/cm<sup>2</sup> doz uygulanması sonucu *L. monocytogenes* sayısında 2,84 log’luk bir azalma sağlandığı rapor edilmiştir.



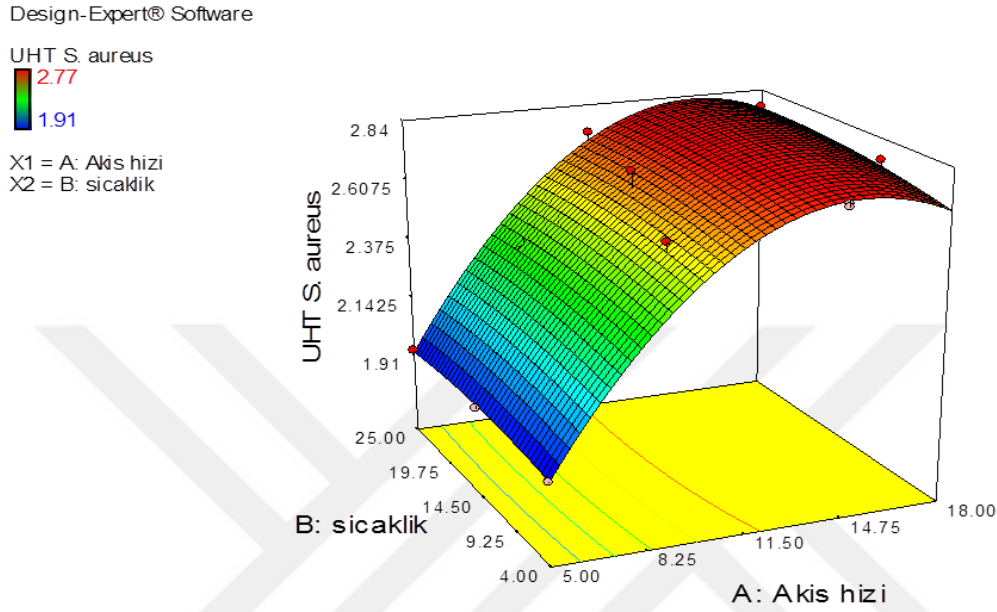
UV-C uygulamasının karnabahara inoküle edilen *L. monocytogenes* üzerine etkisinin incelendiği bir araştırmada 5-10 kJ/m<sup>2</sup> doz uygulanması sonucu 1 log'luk azalma sağlandığı bulunmuştur. Ayrıca UV-C uygulamasının hemen ardından doğal antimikrobiyal maddelerin karnabahar yüzeyine püskürtülmesi ile inaktivasyonun 1,5 log'a çıkartıldığı belirtilmiştir (Tawema, Han, Dang Vu, Salmieri ve Lacroix, 2016). Araştırmada bulunan sonuçlar yukarıda literatürde bildirilen sonuçlar ile benzerlik göstermektedir.

Sağlıklı insan, hayvan ve kuşların burun, boğaz, deri ve tüylerinde doğal olarak bulunabilen *S. aureus* yaygın gıda zehirlenme etmenlerinden biridir (Heperkan, 2016). *S. aureus* sağım ve sağım sonrası hijyen koşulları hakkında bilgi verirken, bakterinin ürettiği toksinler ısıya dayanıklı olması nedeniyle bakterilerin toksin üretmeden inhibisyonu çok önemlidir. UHT süte yaklaşık 4 log düzeyinde *S. aureus* inoküle edilerek farklı dozda UV-C uygulanması ile başlangıçta sütte log<sub>10</sub> 4,67 kob/mL düzeyinde olan *S. aureus* sayısı en düşük (60 J/mL) doz uygulamasında log<sub>10</sub> 2,76 kob/mL düzeyine, en yüksek (216,9 J/mL) doz uygulamasında log<sub>10</sub> 1,91 kob/mL düzeyine indirgenmiştir. *S. aureus* için inaktivasyon grafiği Şekil 4.7'de verilmiştir.



Şekil 4.7. *S. aureus* için inaktivasyon grafiği

UV-C uygulaması sonucu *S. aureus* için maksimum 2,76 log kob/mL ve minimum 1,9 log kob/mL bir azalma sağlanmıştır. Sütün akış hızı inaktivasyonu etkileyen faktör olarak belirlenmiştir. Şekil 4.8’de farklı akış hızı ve sıcaklıkta UV-C uygulanmış UHT sütlerin *S. aureus* sayısındaki değişim verilmiştir.



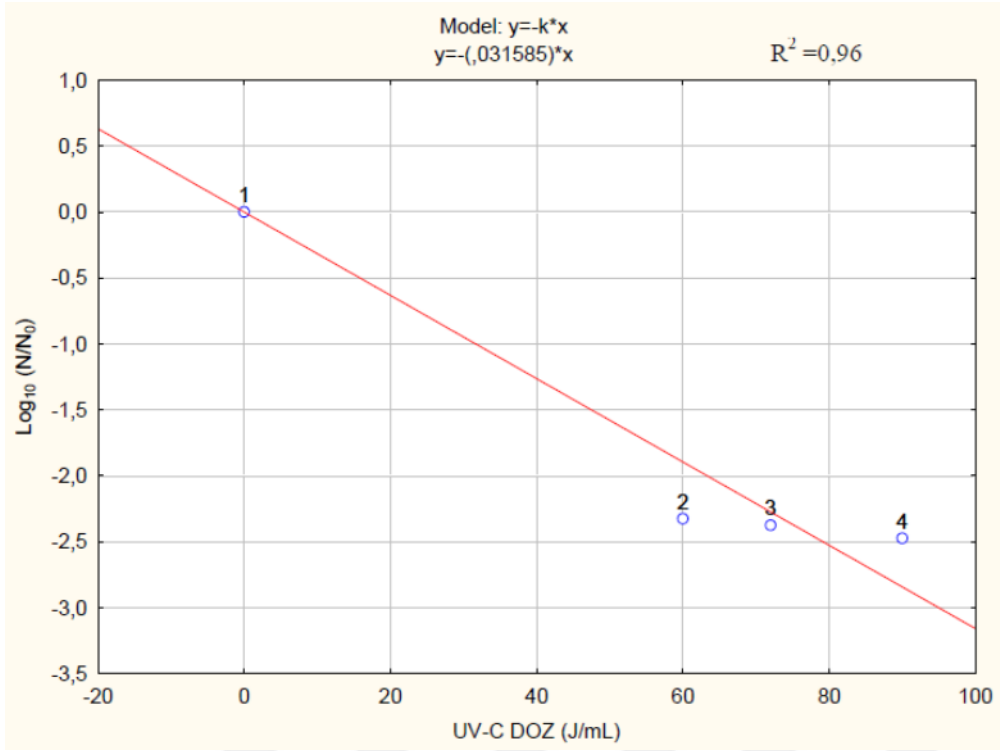
Şekil 4.8. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulaması ile *S.aureus* sayısındaki değişim

Şekil 4.8 incelendiğinde akış hızına bağlı olarak sütün maruz kaldığı UV-C dozu değiştiğinden bakteri yükünün inaktivasyonunun da değiştiği görülmektedir. *S. aureus* için farklı doz uygulamaları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ( $p < 0,05$ ) bulunurken, aynı akış hızında farklı sıcaklık uygulamaları arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir ( $p > 0,05$ ).

Kurutulmuş defne yaprağına farklı dozlarda UV-C ışın uygulamasının incelendiği çalışmada *S. aureus* sayısı  $\log_{10}$  3,86 değerinde azalma olduğu saptanmıştır (Gabriel, D. Melo ve D. Michelena, 2020). Bulunan değer çalışmamızla benzerlik göstermektedir.

Fekal kontaminasyon indikatörü olan *E. coli* UHT süte inoküle edilmiş ve başlangıçta *E. coli* sayısı 4,15 log kob/mL düzeyinde bulunmuştur. 98,4 ile 216,9 J/mL aralığındaki doz uygulamalarında 4 log azalma sağlanarak *E. coli* tespit edilemeyecek düzeye indirgenmiştir. En düşük doz olan 60 J/mL uygulamasında ise bakteri yükü 1,80 log kob/mL düzeyine

düşürülmüş ve 2,33 log azalma sağlanmıştır. *E. coli* için inaktivasyon grafiği Şekil 4.9'da verilmiştir.



Şekil 4.9. *E. coli* için inaktivasyon grafiği

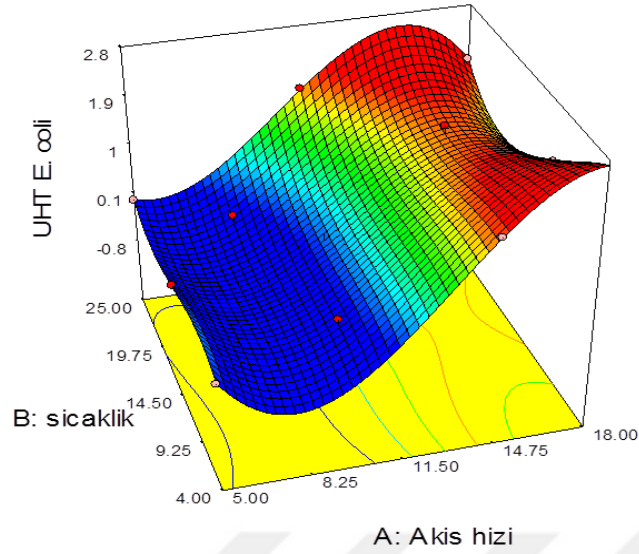
Şekil 4.10'da farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulaması ile *E. coli* sayısındaki değişim verilmiştir. Üç boyutlu grafik incelendiğinde UV-C ışınının etkinliğinde akış hızının önemli olduğu görülmektedir. Akış hızı düştükçe sütün UV-C ışına maruz kalma süresi ve buna bağlı olarak aldığı ışın dozu artmaktadır.

Design-Expert® Software

UHT *E. coli*



X1 = A: Akis hizi  
X2 = B: sicaklik



Şekil 4.10. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulaması ile *E.coli* sayısındaki değişim

UV-C uygulamada farklı sıcaklıkların (4-25 C) ve farklı akış hızlarının (5 mL-18 mL) *E. coli* sayısı üzerine etkisi istatistiksel olarak akış hızı önemli bulunurken ( $p < 0,05$ ) sıcaklık önemsiz bulunmuştur ( $p > 0,05$ ). *E. coli* sayım sonuçları için 60 J/mL doz uygulanan gruplar ile 72 J/mL doz uygulanan gruplar arasında anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir ( $p > 0,05$ ). Bu iki ışın dozu dışındaki dozlarda *E. coli* sayısındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0,05$ ).

Benzer çalışmalarda patojenik olmayan *E. coli* K-12 (ATCC 25253) inoküle edilmiş sıvı yumurtaya UV-C uygulaması üzerine yapılmış bir çalışmada yaklaşık 98mJ.cm<sup>2</sup>'lik doz uygulamasında 0,675 log kob/mL değerinde bir inaktivasyon sağlandığı belirlenmiştir (Ünlütürk, Atılgan, Baysal ve Tari, 2008).

Pala (2011), portakal ve nar sularında UV-C uygulaması üzerine yapmış olduğu çalışmada patojen olmayan *E. coli* ATCC 25922 inoküle edilmiş portakal ve nar suları reaktörden 5 kez geçirilmiş ve her işlem sonrası sayım alınmıştır. İşlem öncesi *E. coli* ATCC 25922 nar suyunda 6,65 ( $\pm 0,23$ ) log kob/mL ve portakal suyunda 7,02 ( $\pm 0,04$ ) log kob/mL olarak bulunmuştur. 3. geçiş sonunda nar suyunda 6.15 log ve portakal suyunda 5.72 log düzeyinde azalma olduğu, 5. geçiş sonrasında ise meyve sularının *E. coli* sayılarının  $< 1$  log kob/mL düzeyine indiği rapor edilmiştir.

Soğan suyunun pastörizasyonunda UV-C uygulaması üzerine yapılan bir çalışmada; 6374,5 mJ/cm<sup>2</sup> doz uygulamanın *E. coli* K-12 üzerinde 4,02 ± 0,17 log'luk bir inaktivasyon sağladığı tespit edilmiştir (Yıldız, 2016).

İnsan sütüne yaklaşık 10<sup>6</sup>-10<sup>7</sup> log kob/mL düzeyinde inoküle edilen patojenik olmayan *E. coli* bakterisinin UV-C ışınına maruz bırakılması sonucu 60 dakikalık işlem sonrası 3,75 log kob/mL azalma sağlandığı belirlenmiştir. Aynı çalışmada 60 dakikalık işlem sonrası *S. aureus* için 0,17 log kob/mL ve *L. monocytogenes* için 1,28 log kob/mL değerlerinde azalma sağlandığı kaydedilmiştir (Gabriel ve Marquez, 2017).

Literatür verileri ile çalışma sonuçları karşılaştırıldığında benzer sonuçlar elde edildiği görülmektedir. En düşük doz uygulamalarında 2,33 log kob/mL azalma elde edilirken uygulanan doz arttıkça 4 log'a kadar bir inaktivasyon sağlanmıştır. Literatürler ve sonuçlar arası farklılıkların kullanılan pompa gücü, lamba uzunluğu ve gücü, akış hızı ya da UV-C ışın kaynağına olan uzaklık vb. parametrelere bağlı olarak kaynaklandığı düşünülmektedir.

## **4.2. Fizikokimyasal Analiz Sonuçları**

### **4.2.1. UV-C'nin Sütün pH Değeri ve Viskozite Üzerine Etkisi**

Farklı dozda UV-C uygulanmış süt örneklerine ait pH değeri ve viskozite analiz sonuçları Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3 Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış süt örneklerine ait pH değeri ve Viskozite sonuçları

Uygulama	Doz (J/mL)	pH	Viskozite (mPa.s)
NK <sub>(Çiğ Süt)</sub>	0	6,62±0,07a	2,58±0,07a
PK <sub>(Past. Süt)</sub>	0	6,43±0,02c	2,48±0,05b
UV11a <sub>(18ml/dk-25 °C)</sub>	60	6,59±0,11b	2,39±0,04b
UV11b <sub>(18ml/dk-25 °C)</sub>		6,59±0,09b	2,39±0,07b
UV10a <sub>(18ml/dk-11 °C)</sub>		6,59±0,06b	2,46±0,08b
UV10b <sub>(18ml/dk-11 °C)</sub>		6,59±0,02b	2,46±0,10b
UV9 <sub>(15ml/dk-17 °C)</sub>	72	6,61±0,02ab	1,66±0,05fg
UV8a <sub>(15ml/dk-4 °C)</sub>		6,60±0,10ab	1,81±0,03cde
UV8b <sub>(15ml/dk-4 °C)</sub>		6,60±0,08ab	1,81±0,07cde
UV7 <sub>(12ml/dk-25 °C)</sub>	90	6,61±0,01ab	1,75±0,06ef
UV6 <sub>(11ml/dk-16 °C)</sub>	98,4	6,61±0,11ab	1,79±0,05de
UV5 <sub>(10ml/dk-8 °C)</sub>	107,8	6,61±0,03ab	1,74±0,11ef
UV4 <sub>(8ml/dk-21 °C)</sub>	135,4	6,60±0,03ab	1,61±0,01g
UV3a <sub>(5ml/dk-25 °C)</sub>	216,9	6,63±0,02ab	1,51±0,06h
UV3b <sub>(5ml/dk-25 °C)</sub>		6,63±0,05ab	1,51±0,03h
UV2 <sub>(5ml/dk-15 °C)</sub>		6,64±0,11ab	1,90±0,05c
UV1a <sub>(5ml/dk-4 °C)</sub>		6,63±0,08ab	1,94±0,13cd
UV1b <sub>(5ml/dk-4 °C)</sub>		6,63±0,02ab	1,94±0,16cd

\*Aynı sütündeki farklı harfler istatistiksel farkı belirtmektedir ( $p < 0,05$ ). ±: Standart sapma

Farklı dozlarda uygulanan UV-C işleminin süt örneklerinin pH değerleri üzerindeki etkisi incelendiğinde doz artışının pH üzerine etkisinin sınırlı olduğu görülmektedir. Çizelge 1’de de görüldüğü gibi, işlem görmemiş çiğ sütün pH değeri 6,62; pastörize sütün pH değeri ise 6,43 olarak bulunmuştur. En yüksek UV-C uygulaması olan 216,9 J/mL doz uygulamada pH 6,63, en düşük uygulama olan 60 J/mL doz uygulamada ise pH 6,59 olarak belirlenmiştir. 72-135,4 J/mL aralığındaki dozda pH 6,60-6,61 olarak ölçülmüştür. UV-C uygulamasının

sütün pH değerinde değişikliğe neden olduğu ( $p < 0,05$ ) ancak farklı dozların sütte pH değeri üzerine etkisinin önemsiz olduğu tespit edilmiştir ( $p > 0,05$ ). En düşük pH değeri ise kontrol örneklerinden pastörize sütte 6,43 olarak ölçülmüştür. Literatüre göre sağlıklı bir hayvandan yeni sağılmış bir sütün pH değeri 6,4-6,7 arasında değişmektedir (Üçüncü, 2005). Bu sonuçlara göre UV-C işleminin sütün pH değerinde bir değişime neden olmadığı görülmektedir. Şekil 4.12’de farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış çiğ sütlerin pH değerlerindeki değişim verilmiştir.

En düşük pH değeri akışın en hızlı olduğu 18 ml/dk akış hızında yani en düşük doz olan 60 J/mL doz uygulamasında 6,59; akış hızı 5 mL/dk uygulamada en yüksek pH değeri 6,64 olarak ölçülmüştür. Buna karşın 5-15 mL/dk aralığındaki pH değerinin 6,60-6,61 olarak ölçüldüğü akış hızının pH değeri üzerine düşük de olsa etkisinin olduğu ( $p < 0,05$ ), sıcaklığın ise pH değeri üzerine önemli bir etkisinin olmadığı görülmektedir ( $p > 0,05$ ).

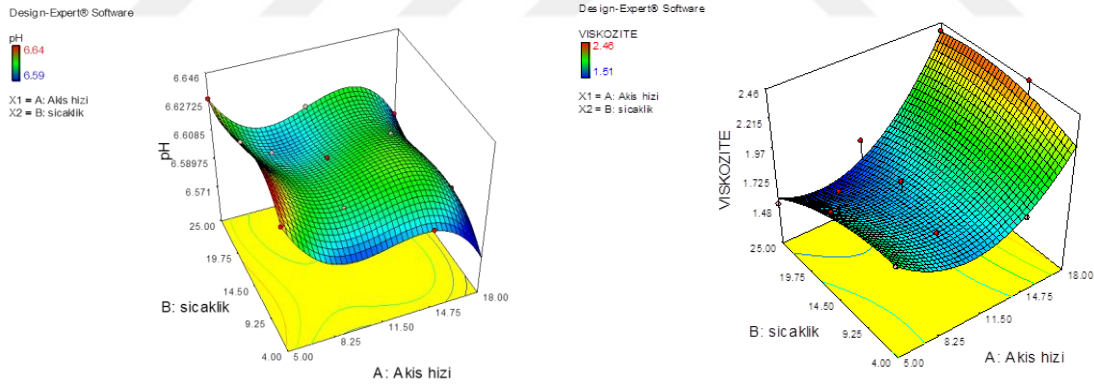
Yapılan çalışmalarda çiğ süte 16,822 mJ/cm<sup>2</sup> doz UV-C uygulanan bir çalışmada 24 °C’de yapılan ölçümlerde taze, işlenmemiş ve UV-C ile muamele edilmiş inek sütünün pH’sının 6,6–6,7 aralığında olduğu ve yedi günlük saklama süresi boyunca normal aralıkta kaldığı rapor edilmiştir (Bandla, Choudhary, Watson and Haddock, 2012).

Benzer başka bir çalışmada ise sarmal boru içerisinde UV lamba etrafından geçirilen yağlı ve yağsız inek sütünde mikrobiyal inaktivasyon ve fizikokimyasal özelliklerdeki değişim incelenmiştir. Çalışma sonucuna göre hem yağlı hem de yağsız inek sütlerinin pH değerleri 6,7-6,8 olarak tespit edilmiş ve normal sütün sahip olması gereken pH (6,6-6,8) aralığında olduğu, UV-C işleminin pH üzerinde bir değişime yol açmadığı bildirilmiştir (Choudhary vd., 2011).

Orlowska vd. (2013) yapmış oldukları çalışmada farklı emisyon spektrumları, darbe başına enerji ve frekans (HIP-1: 31 J/darbe, 8 Hz; HIP-2: 344 J/darbe 0,75 Hz ve HIP-3: 644 J/darbe, 0,5 Hz) ile karakterize edilen üç yenilikçi yüksek yoğunluklu darbeleri (HIP) ultraviyole (UV) kaynağının performansının, % 30 (w/v) fruktoz çözeltisi, elma suyu ve sütün kalite parametreleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Sütün sürekli ve darbeleri UV kaynaklarına maruz kalması sonucunda pH ortalama olarak 6,68±0,02 bulunmuş ve istatistiksel anlamda bir fark oluşmadığı rapor edilmiştir.

Bulunan değerler yukarıda verilen benzer çalışmalar ile paralellik göstermektedir.

Çizelge 4.3'te verilen diğer parametre olan sütün viskozitesi yağ oranına göre değişebilmektedir. Bunda yağ globüllerinin büyüklüğünün farklı olması ve viskozitenin kuru madde oranına göre değişmesine bağlıdır. Çalışmada kullanılan çiğ sütün viskozitesi 2,58 mPa.s, pastörize sütün viskozitesi 2,48 mPa.s olarak belirlenmiştir. Farklı dozda UV-C ışın uygulanmış sütlerin viskozite değerlerinin 1,51 ile 2,46 mPa.s aralığında değiştiği tespit edilmiştir. UV-C uygulamasının sütün viskozite değeri üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Uygulanan UV-C dozu arttıkça viskozite değerinde azalma olduğu görülmüştür. Uygulanan ışın dozu arttıkça sütün kolondan geçiş hızı yavaşlamakta buna bağlı olarak süt yağının quartz kılıf üzerinde kalma oranı artmaktadır. Süt viskozitesi sütün yağ miktarına bağlı olarak değişmektedir. Yağsız sütte viskozite daha düşük çıktığından uygulanan ışın dozu arttıkça viskozitedeki düşüş kolon içinde kalan yağ miktarının artması ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Bununla birlikte pastörize süt ile 60 J/mL UV-C doz uygulanmış süt örnekleri arasındaki farkın ise istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir ( $p > 0,05$ ). UV-C uygulanmış süt örneklerine ait pH ve Viskozite değerlerindeki değişim Şekil 4.11'de verilmiştir.



**A: pH değeri**

**B: Viskozite**

Şekil 4.11. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış çiğ sütlerin pH değeri ve Viskozite değerlerindeki değişim

Şekil 4.11'de görüldüğü gibi, akış hızı azaldıkça sütün viskozite değerlerinde azalma olduğu, en düşük viskozite değeri 5 mL/dk akış hızında (216,9 J/mL UV-C doz uygulamasında) 1,51 mPa.s, en yüksek viskozite değeri ise en hızlı akış hızı olan 18 mL/dk akış hızında (60 J/mL UV-C doz uygulamasında) 2,46 mPa.s olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde 72 J/mL UV-C uygulamada 4 °C'ye göre 17 °C'nin viskozitesinin daha düşük olduğu,



216,9 J/mL doz UV-C uygulamada 4 °C'den 25 °C'deki uygulamanın viskozitesinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Sıcaklığın sütün emülsiyon ve koloidal fazını etkileyerek viskoziteyi azaltıcı etkisi olduğu bilinmektedir. Aynı zamanda sütün UV-C ışına maruz kalırken sıcaklık etkisi ile süt yağının quartz kılıf üzerine yapışıp kalma miktarında artış meydana gelmiş olabileceği ve buna bağlı olarak aynı akış hızında daha yüksek sıcaklık uygulamalarında daha düşük viskozite değeri ölçüldüğü düşünülmektedir.

Farklı koşullarda (farklı emisyon spektrumları, darbe başına enerji ve frekans (HIP-1: 31 J/darbe, 8 Hz; HIP-2: 344 J/darbe 0,75 Hz ve HIP-3: 644 J/darbe, 0,5 Hz)) UV-C uygulamasının sütün kalite parametreleri üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada viskozitenin UV-C uygulamasından etkilenmediği bildirilmiştir (Orlowska vd., 2013). Bulunan viskozite değerlerimiz Orlowska vd. (2013)'in bulduğu sonuçların tersine UV-C uygulamasından etkilendiği ve doz arttıkça viskozitenin azaldığı tespit edilmiştir.

Havuç suyuna ısıl işlem ve UV-C uygulamasının raf ömrü üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada UV-C uygulamasının havuç suyunun raf ömrünü 12 güne kadar uzattığı ve fizikokimyasal özelliklerinde (viskozite, pH vb.) değişime yol açmadığı rapor edilmiştir (Riganakos, Karabagias, Gertzou ve Stahl, 2017).

#### **4.2.2. UV-C'nin Sütün Renk Değerleri (L, a, b) Üzerine Etkisi**

Gıdanın rengi görünüşü üzerinde doğrudan etkili olduğu gibi, gıdanın kalitesi hakkında bilgi verirken tüketici tarafından kabul edilebilirliğini de doğrudan etkilemektedir. Işınlanmış ve işlem görmemiş süt örneklerine ait L, a, b ve  $\Delta E$  renk değerleri Çizelge 4.4'te verilmiştir. Parlaklık/koyuluk göstergesi olan L değerleri (L:0 siyah; L:100 beyaz) incelendiğinde çiğ sütte L değeri 13,22 iken pastörize sütte L değeri 12,89 olarak belirlenmiştir. Farklı dozda UV-C uygulanan sütlerde ise L değeri 8,34-11,28 arasında değişmiştir. En düşük L değeri 8,34 olarak 216,9 J/mL doz uygulamasında en yüksek L değeri ise 11,28 olarak 98,4 J/mL doz uygulamasında tespit edilmiştir. Başlangıçta L değeri 13,22 iken 60 J/ml doz UV-C uygulamasında yaklaşık 11'e düştüğü, 72 J/mL doz uygulamada yaklaşık 9,50 seviyesine 216,9 J/mL doz uygulamada ise bu değer yaklaşık 8,50 seviyesine düştüğü belirlenmiştir. Genel olarak UV-C uygulanmış tüm örneklerin L değerleri hem çiğ sütün hem de pastörize sütün L değerlerinden daha düşük bulunmuştur. Uygulanan doza göre L değerleri ortalamaları incelendiğinde uygulama dozu arttıkça L değeri düşmüş yani renk koyulaşmıştır. İstatistiki olarak UV-C uygulamasının L değeri üzerine etkisi önemli

bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Benzer şekilde süt akış hızının L değeri üzerine etkisi önemli bulunurken sıcaklığın etkisi önemsiz bulunmuştur ( $p>0,05$ ).

Farklı sıcaklık ve farklı akış hızında UV-C ışına maruz bırakılan çiğ süt örneklerinin L, a, b ve  $\Delta E$  değerleri arasındaki farkın belirlenebilmesi için verilere Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

Çizelge 4.4. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış süt örneklerinin renk değerlerindeki değişim

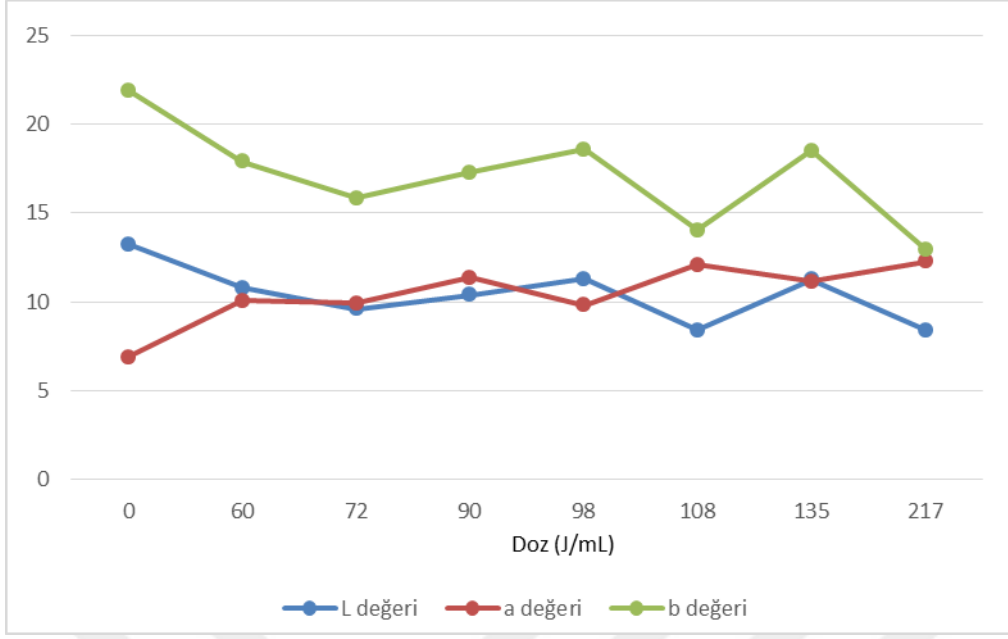
Uygulama	Doz (J/mL)	L	a	b	$\Delta E$
NK <sub>(Çiğ Süt)</sub>	0	13,22±2,04a	6,90±0,30g	21,90±0,30a	-
PK <sub>(Past. Süt)</sub>	0	12,89±0,78a	5,92±1,29f	21,40±0,30ab	1,15±0,12e
UV11a <sub>(18ml/dk-25 °C)</sub>	60	10,55±0,45bc	10,16±0,30e	17,42±0,30cde	6,15±2,30cd
UV11b <sub>(18ml/dk-25 °C)</sub>		10,50±0,38bc	10,17±0,24e	17,42±0,12cde	6,17±1,24cd
UV10a <sub>(18ml/dk-11 °C)</sub>		11,05±0,58b	9,99±0,25e	18,16±0,30bcd	5,32±2,20d
UV10b <sub>(18ml/dk-11 °C)</sub>		11,07±0,74b	9,98±0,22e	18,57±0,30abc	5,02±2,18d
UV9 <sub>(15ml/dk-17 °C)</sub>	72	10,36±1,18bc	9,79±0,14e	17,03±0,30cde	6,35±2,15cd
UV8a <sub>(15ml/dk-4 °C)</sub>		9,22±1,67cd	10,01±0,48e	15,26±0,30cde	8,35±1,15bc
UV8b <sub>(15ml/dk-4 °C)</sub>		9,22±3,04cd	10,01±0,18e	15,23±0,30e	8,36±1,22bc
UV7 <sub>(12ml/dk-25 °C)</sub>	90	10,40±0,75bc	11,37±0,74cd	17,26±0,30cde	7,03±1,15cd
UV6 <sub>(11ml/dk-16 °C)</sub>	98,4	11,28±2,06 b	9,82±1,89e	18,58±0,30abc	4,83±1,19d
UV5 <sub>(10ml/dk-8 °C)</sub>	107,8	8,39±0,77d	12,09±0,64abc	14,04±0,30e	10,59±1,15b
UV4 <sub>(8ml/dk-21 °C)</sub>	135,4	11,24±0,18b	11,16±0,31d	18,50±0,30abc	5.80±2,43d
UV3a <sub>(5ml/dk-25 °C)</sub>	216,9	8,34±0,77d	12,18±0,36ab	10,64±0,30f	13,36±0,11a
UV3b <sub>(5ml/dk-25 °C)</sub>		8,34±0,23d	12,19±1,59ab	10,64±0,30f	13,36±0,15a
UV2 <sub>(5ml/dk-15 °C)</sub>		8,56±0,41d	11,71±0,29bcd	14,69±0,30de	9,84±1,04b
UV1a <sub>(5ml/dk-4 °C)</sub>		8,40±1,07d	12,58±0,43a	14,08±0,30e	10,80±1,27b
UV1b <sub>(5ml/dk-4 °C)</sub>		8,41±0,95d	12,59±0,31a	14,76±0,30de	10.32±1,21b

\*Aynı sütündeki farklı harfler istatistiksel farkı belirtmektedir ( $p<0,05$ ). ±: Standart sapma

Renk değerlerinde kırmızılık indeksi olarak bilinen a değeri incelendiğinde kontrol örnekleri olan çiğ sütün 6,90 iken pastörize sütün 5,92 olduğu bulunmuştur. Farklı dozlarda UV-C ışın uygulanmış sütlerin a değerlerinin 9,79-12,59 arasında değiştiği belirlenmiştir. Kontrol gruplarına göre a değerleri neredeyse iki katına çıkmış, UV-C uygulama dozu arttıkça paralel olarak kırmızılık değeri de artmıştır. a değeri çiğ sütte başlangıçta 6,90 iken 60 J/ml doz UV-C uygulamasında yaklaşık 10'a yükseldiği 216,9 J/mL doz uygulamada ise bu değer yaklaşık 12 seviyesine yükseldiği tespit edilmiştir. b değeri başlangıçta 21,90 iken 60 J/ml doz UV-C uygulamasında yaklaşık 18'e düştüğü, 72 J/mL doz uygulamada yaklaşık 16 seviyesine, 216,9 J/mL doz uygulamada ise bu değer yaklaşık 12 seviyesine düştüğü belirlenmiştir. Uygulanan en yüksek doz olan 216,9 J/mL'de sıcaklık farkının a değerini etkilediği, diğer uygulamalarda ise sıcaklığın a değeri üzerine etki etmediği, farklı dozlarda ise uygulanan UV-C uygulamasının a değeri üzerine etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir ( $p<0,05$ ).

Renk değerlerinde sarılık/mavilik göstergesi olan b değeri çiğ sütte 21,90 olarak, pastörize sütte 21,40 olarak belirlenmiştir. UV-C ışın uygulanan sütlerin b değerleri 14,04-18,58 aralığında tespit edilmiştir. Sarı renk yoğunluğunun göstergesi olan b değeri kontrol örnekleri ile kıyaslandığında işlem görmüş örneklerde daha düşük olduğu görülmektedir. UV-C uygulama dozu arttıkça b değeri düşmekte yani sarılık değeri azalıp mavilik değeri artmaktadır. Farklı dozlarda uygulanan ışınlama işleminin b değeri üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur ( $p<0,05$ ).

Farklı dozlarda UV-C uygulanmış süt örneklerinin renk değerlerindeki ortalama değişim ortalaması Şekil 4.12'te verilmiştir.



Şekil 4.12. Farklı dozlarda UV-C uygulanmış süt örneklerinin renk değerlerindeki ortalama değişim

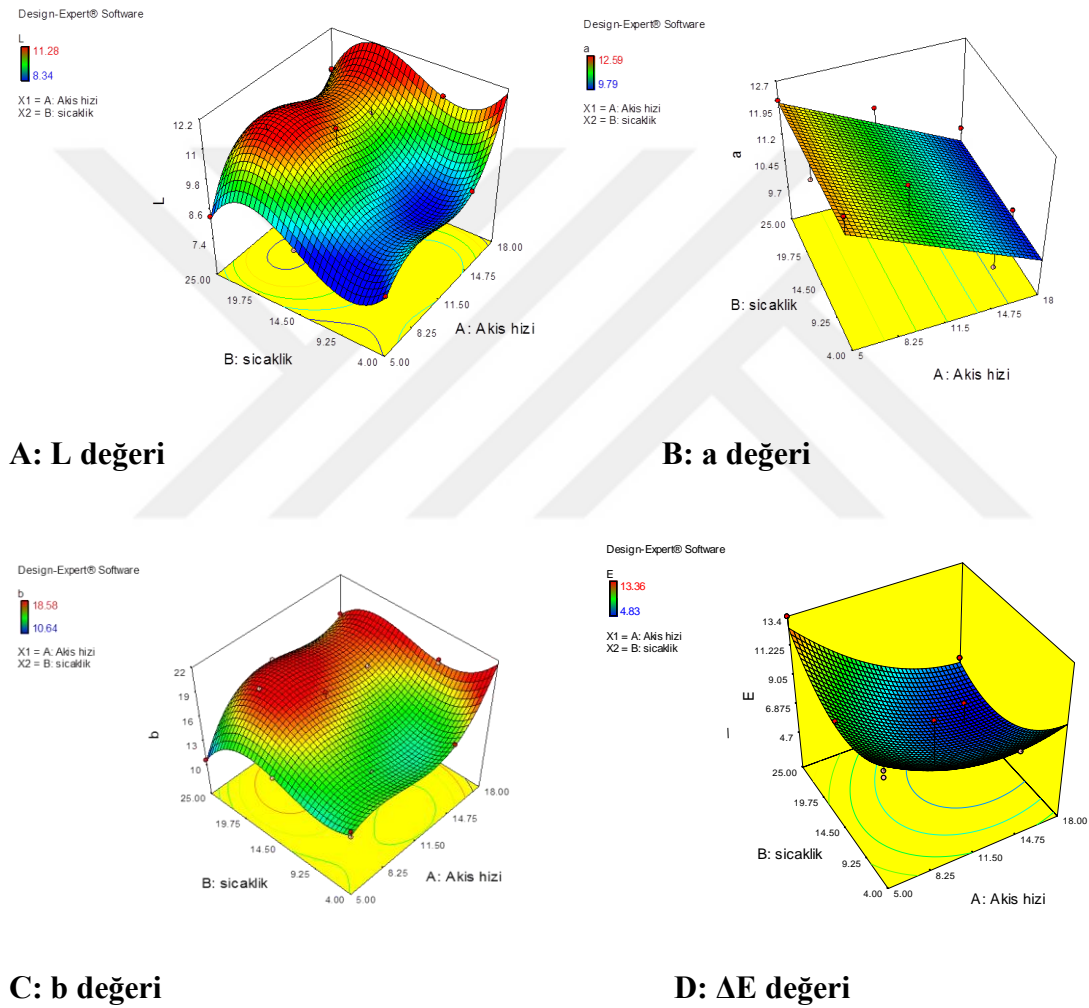
UV-C uygulamasında doz arttıkça renk koyulaşmış L ve b değerlerinde azalma kaydedilirken, kırmızılık değerinde artış tespit edilmiştir. Kontrol örneklerinden pastörize süt renk değerleri ile karşılaştırıldığında pastörize sütün L, a, b değerleri sırasıyla; 12,89-5,92-21,40 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre UV-C uygulaması ile doz artışına paralel olarak işlenmiş sütün L, a, b değerlerindeki değişimin önemli olduğu görülmektedir ( $p < 0,05$ ).

Akış hızı azaldıkça yani süte uygulanan UV-C ışın dozu arttıkça L değerinde düşüş artmaktadır. Uygulanan ışın dozu arttıkça (akış hızı düştükçe) sütün parlak beyaz rengini kaybettiği rengin koyulaştığı renk ölçümleri ile belirlenmiştir. Kontrol gruplarına (çiğ ve pastörize süt) yakın L değeri 60 J/mL (akış hızı 18 mL/dk) ışın dozunda elde edilmiştir.

Farklı sıcaklık ve farklı akış hızında UV-C uygulamasının a değeri üzerindeki etkisi yanıt yüzey yöntemine göre değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeye göre lineer modelde tek faktörün (akış hızı) etkili olduğu tespit edilmiştir. Akış hızı sütün UV-C ışına maruz kalma süresini belirlediğinden uygulanan ışın dozunu doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle akış hızı azaldıkça uygulanan UV-C doz artmış ve sütün a değerinde artış olduğu tespit edilmiştir. Aynı şekilde akış hızı arttıkça uygulanan UV-C dozu azalarak kontrol gruplarına daha yakın değerlerde a değerleri elde edilmiştir.

Toplam renk değişimi hakkında bilgi veren  $\Delta E$  değeri incelendiğinde renk değişiminde en az farkın 4,83 değeri ile 98,4 J/mL doz uygulamasında en fazla farkın ise 13,36 değeri ile 216,9 J/mL doz uygulamasında olduğu görülmüştür. Veriler istatistiksel olarak değerlendirildiğinde kontrol rneği ile tüm gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0,05$ ).

şekil 4.13'te farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış çiğ sütlerin sırasıyla L, a, b ve  $\Delta E$  değerlerindeki değişim verilmiştir.



şekil 4.13. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış çiğ sütlerin L, a, b ve  $\Delta E$  değerlerindeki değişim

şekil 4.13'te görüldüğü gibi çiğ süt rneklelerinin toplam renk değişimini ifade eden  $\Delta E$  değeri üzerine akış hızının etkisinin önemli olduğu görülmektedir. Uygulanan ışın dozu arttıkkça yani akış hızı yavaşladıkkça  $\Delta E$  değerinde artış meydana gelmiştir.

Tek/çok döngülü yüksek hidrostatik basınç ve ultraviyole-C ışığı ile işlenmiş çiğ sütün mikrobiyolojik ve fizikokimyasal özelliklerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada UV-C'nin yüksek hidrostatik basınca göre sütün renk değerleri üzerinde daha az değişikliğe neden olduğu belirtilmiştir. UV-C'nin L ve b değerlerinde az da olsa azalmaya neden olduğu, a değerinde artış meydana getirdiği bildirilmiştir (Hu vd., 2015).

Gopisetty vd. (2019) yapmış oldukları çalışmada yaban mersini aromalı içeceğe farklı dozlarda UV-C uygulamış ve uygulamanın mikrobiyal inaktivasyon ve fizikokimyasal özellikler üzerine etkisini incelemişlerdir. Araştırma sonucunda renk parametrelerinin (L, a, b) 30 mJ/cm<sup>2</sup> doz uygulamasında değişmediği (p>0,05) fakat 120 mJ/cm<sup>2</sup> doz uygulamasının istatistiksel anlamda değişime neden olduğu (p< 0,05) rapor edilmiştir.

Ahududu ve böğürtlen meyvelerine UV-C uygulaması üzerine yapılan bir çalışmada renk değerlerindeki değişimler sayısal anlamda büyük farklılıklar olmamasına rağmen istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur (Çelik, 2018).

Bizim bulduğumuz değerler Hu vd. (2015)'in bulduğu değerler ile benzerlik göstermektedir.

#### **4.2.3. UV-C'nin Sütün Serbest Yağ Asitliği (SYA), Kolesterol ve Vitamin D<sub>3</sub> Üzerine Etkisi**

Çiğ süte ait serbest yağ asitliği (SYA), kolesterol ve vitamin D<sub>3</sub> sonuçları Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış çiğ süt örneklerinin serbest yağ asitliği (SYA), kolesterol ve vitamin D<sub>3</sub> değerleri

Uygulama	Doz (J/mL)	SYA (%)	Kolesterol (ppm)	Vit. D <sub>3</sub> (mg/kg)**
NK <sub>(Çiğ Süt)</sub>	0	0,053±0,03e	53,53±0,09a	90,91±8,16f
PK <sub>(Past. Süt)</sub>	0	0,100±0,06cd	55,70±,10a	65,87±1,10g
UV11a <sub>(18ml/dk-25 °C)</sub>	60	0,120±0,12bc	49,59±0,83b	151,41±4,08a
UV11b <sub>(18ml/dk-25 °C)</sub>		0,120±0,012bc	49,70±0,44b	151,41±4,08a
UV10a <sub>(18ml/dk-11 °C)</sub>		0,118±0,03bc	48,73±0,25b	145,91±2,06a
UV10b <sub>(18ml/dk-11 °C)</sub>		0,118±0,03bc	47,50±1,05b	145,90±2,09a
UV9 <sub>(15ml/dk-17 °C)</sub>	72	0,092±0,03d	49,45±0,27b	122,99±1,63bc
UV8a <sub>(15ml/dk-4 °C)</sub>		0,091±0,01d	46,14±0,16bc	120,21±1,85bc
UV8b <sub>(15ml/dk-4 °C)</sub>		0,091±0,01d	46,16±1,15bc	120,20±1,15bc
UV7 <sub>(12ml/dk-25 °C)</sub>	90	0,125±0,01abc	46,56±0,18b	100,79±2,44e
UV6 <sub>(11ml/dk-16 °C)</sub>	98,4	0,092±0,02d	46,08±0,20bc	93,26±0,81f
UV5 <sub>(10ml/dk-8 °C)</sub>	107,8	0,126±0,01ab	49,47±0,09b	121,76±0,85bc
UV4 <sub>(8ml/dk-21 °C)</sub>	135,4	0,148±0,03a	47,90±0,13b	127,05±1,19b
UV3a <sub>(5ml/dk-25 °C)</sub>	216,9	0,144±0,05ab	38,74±0,29d	111,97±0,13d
UV3b <sub>(5ml/dk-25 °C)</sub>		0,144±0,02ab	40,07±0,15d	111,97±1,13d
UV2 <sub>(5ml/dk-15 °C)</sub>		0,129±0,01ab	39,97±1,12d	117,44±1,45cd
UV1a <sub>(5ml/dk-4 °C)</sub>		0,118±0,01bc	42,59±2,18cd	103,59±2,01e
UV1b <sub>(5ml/dk-4 °C)</sub>		0,118±0,01bc	42,57±0,24cd	103,59±2,01e

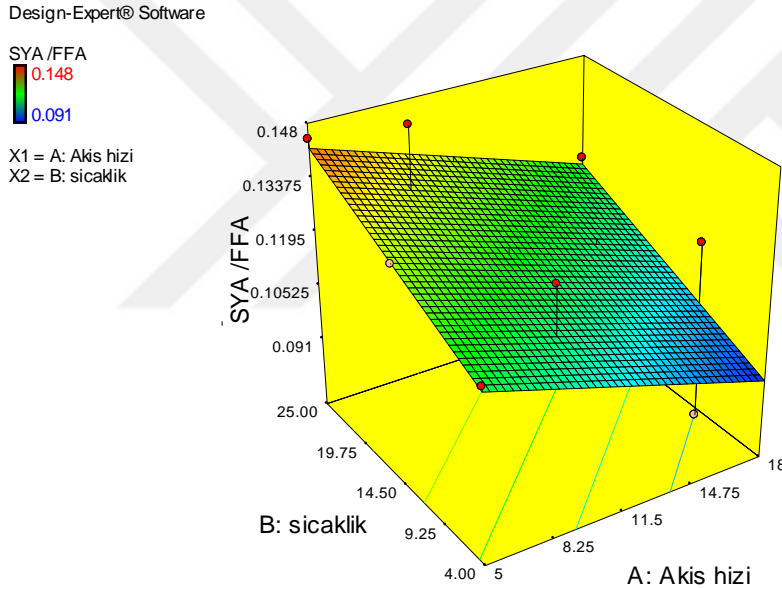
\*Aynı sütündeki farklı harfler istatistiksel farkı belirtmektedir ( $p < 0,05$ ). ±: Standart sapma

\*\*D<sub>3</sub> sonuçları yağ oranına göre düzenlenmiştir.

#### 4.2.3.1. UV-C'nin Sütün Serbest Yağ Asitliği (SYA) üzerine etkisi

Sütün lipolitik acı tadı, serbest yağ asitlerinin (SYA) salınımına neden olan süt trigliseritlerinin hidrolizinden kaynaklanmaktadır. Süt yağı, lipaz enziminin yağa erişimi için etkili bir bariyer oluşturan süt yağı globül zarı tarafından korunmaktadır. Bununla birlikte,

bazı durumlarda bu koruma azalır ve lipoliz ilerler. Yem bileşimi ve sağım sıklığı, homojenizasyon gibi faktörler, süt yağı globüllerinin stabilitesini bozar ve lipolizi hızlandırabilir (Wiking vd., 2017). Yapılan çalışmada süt örneklerinin serbest yağ asitliği, çiğ süt için % 0,053 pastörize süt için % 0,10 olarak tespit edilmiştir. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulamasının çiğ sütün SYA üzerindeki etkisi incelendiğinde SYA değerlerinin % 0,091-0,148 arasında değiştiği ve uygulanan tüm ışın dozlarında çiğ süte göre SYA miktarında artış meydana geldiği tespit edilmiştir. Süt akış hızının sütün SYA üzerine etkisi önemli bulunurken ( $p < 0,05$ ) farklı sıcaklıkta aynı ışın dozuna maruz bırakılmış gruplar arasında önemli bir fark gözlenmediğinden sıcaklığın etkisinin önemsiz olduğu belirlenmiştir ( $p > 0,05$ ). Şekil 4.14'te farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış çiğ sütlerin serbest yağ asitliğindeki değişim verilmiştir.



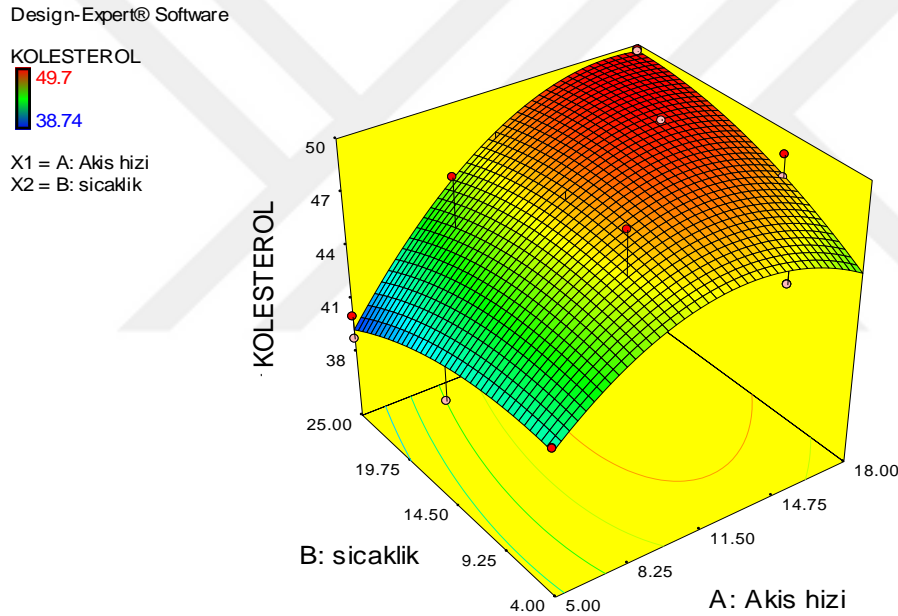
Şekil 4.14. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış çiğ sütlerin SYA değerlerindeki değişim

Yapılan benzer bir çalışmada Çedar peyniri üretiminde kullanılacak sığır sütüne ısı ve ultraviyole (UV) ışığı uygulanmış ve sütün mikrobiyolojik, biyokimyasal ve duyuşsal karakterizasyonunun incelendiği bir çalışmada; örneklerin serbest yağ asitliğinde UV+pastörizasyon uygulanan sütlerde sadece UV veya sadece pastörizasyon uygulanan sütlere göre daha fazla artış olduğu (~% 75) tespit edilmiştir. Çiğ sütte serbest yağ asitliği % 0,291 iken pastörize sütte % 0,313, UV uygulanan sütte % 0,365 ve UV+pastörizasyon uygulanan sütte % 0,511 olarak ölçüldüğü rapor edilmiştir (Cilliers vd., 2014).



#### 4.2.3.2. UV-C'nin kolesterol üzerine etkisi

Kolesterol, süt ve et ürünlerinde yaygın olarak bulunan bir steroldür (Faye, Bengoumi, Al-Masaud ve Konuspaveva, 2015). Çiğ süte uygulanan UV-C işleminin kolesterol üzerine etkisi incelendiğinde, çiğ süte 53,53 ppm, pastörize süte 55,70 ppm bulunmuştur. UV-C uygulanan sütlerde ise kolesterol miktarı 38,74-49,70 ppm aralığında bulunurken, en düşük doz uygulamasında (60 J/mL) örneklerin kolesterol miktarı 47,50-49,70 ppm arasında değişmektedir. Duncan çoklu karşılaştırma testine göre, sütün kolesterol değeri üzerine sıcaklığın etkisinin önemsiz olduğu ( $p>0,05$ ) akış hızının ise sütün kolesterol değeri üzerine etkisinin önemli olduğu görülmektedir ( $p<0,05$ ). Şekil 4.15'te farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış çiğ sütlerin kolesterol miktarlarındaki değişim verilmiştir.



Şekil 4.15. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış çiğ sütlerin kolesterol miktarlarındaki değişim

En yüksek kolesterol miktarı 60 J/mL doz uygulamasında, en düşük kolesterol miktarı ise 216,9 J/mL doz uygulamasında tespit edilmiştir.

Cilliers vd. (2014) yapmış oldukları çalışmada sığır sütüne ısı ve ultraviyole (UV) ışığının ayrı ayrı ve kombine uygulamalarının sütün mikrobiyolojik ve fizikokimyasal özellikleri üzerine etkilerini incelemiştir. UV uygulamasının kolesterolü % 35 UV+pastörizasyon uygulamasının ise kolesterolü % 18 oranında düşürdüğü rapor edilmiştir.

UV uygulamasının kolesterolü kolesterol oksidasyon ürünlerine dönüştürdüğü için düşürdüğü bildirilmiştir.

Çalışma sonuçları Cilliers vd. (2014)'nin araştırma sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Çalışmada kolesterol miktarındaki azalmanın sütün kolondan geçişi sırasında quartz cam üzerinde kalan yağ kısmı nedeniyle sütün yağ içeriğinin düşmesinden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

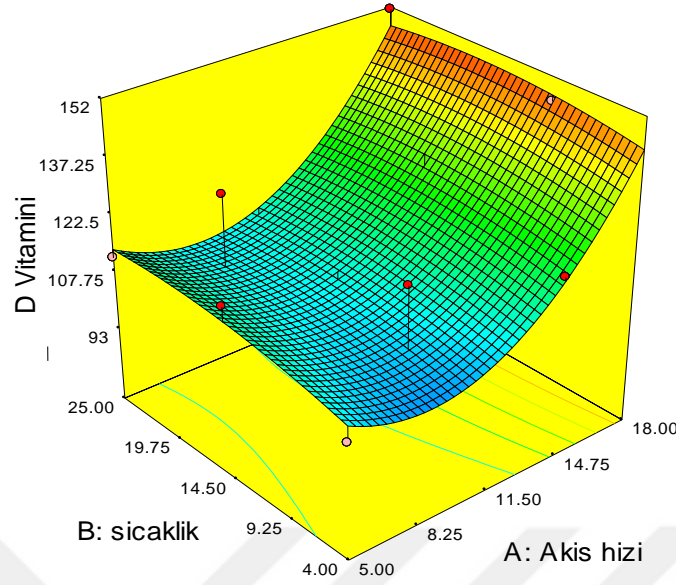
#### **4.2.3.3. UV-C'nin vitamin D<sub>3</sub> üzerine etkisi**

Yağda çözünen vitaminlerden olan D vitamini D<sub>2</sub> (ergokalsiferol) ve D<sub>3</sub> (kolekalsiferol) olmak üzere iki formda bulunur. D<sub>2</sub> vitamini genellikle bitkisel gıdalarda bulunurken D vitamini en büyük katkıyı sağlayan D<sub>3</sub> vitamini yumurta, süt ve karaciğer gibi hayvansal gıdalarda bulunmaktadır (Thomson ve Cressey, 2014). Süte UV uygulamasının 7-dehidrokolesterolü D<sub>3</sub> vitamini dönüştürerek D<sub>3</sub> konsantrasyonunda artış sağladığı bilinmektedir (Koca, Saatli ve Urgu, 2018). Bu yüzden çalışmamızda sadece D<sub>3</sub> vitamini analizi yapılmış, sütlerin D<sub>3</sub> miktarları incelendiğinde ise çiğ sütün 90,91 mg/kg, pastörize sütün 65,87 mg/kg olduğu belirlenmiştir. Farklı dozlarda UV-C uygulanmış sütlerde ise D<sub>3</sub> miktarları 93,26-151,41 mg/kg aralığında tespit edilmiştir. Farklı dozlarda uygulanan UV-C, sütün D<sub>3</sub> miktarında artış sağlamış ve bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05). Kontrol örneklerine göre D<sub>3</sub> vitamini oranında artış belirlenirken bu artışın 135,4 J/mL doz seviyesinde yeniden düşüşe geçtiği tespit edilmiştir. Şekil 4.16'da farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış çiğ sütlerin vitamin D<sub>3</sub> miktarlarındaki değişim verilmiştir.

Design-Expert® Software

D Vitamini  
151.41  
93.26

X1 = A: Akis hizi  
X2 = B: sicaklik



Şekil 4.16. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış çiğ sütlerin vitamin D<sub>3</sub> miktarlarındaki değişim

Şekil 4.16 incelendiğinde D<sub>3</sub> miktarlarındaki değişim üzerinde etkili faktörün akış hızı olduğu görülmektedir. Akış hızı arttıkça D<sub>3</sub> miktarındaki artış da artmaktadır. En yüksek D<sub>3</sub> miktarı 18 mL/dk akış hızında (60 J/mL doz) tespit edilmiştir. Sıcaklığın D<sub>3</sub> miktarı üzerinde etkisinin olmadığı görülmüştür (p>0,05).

Literatüre göre D vitamini üretmek için kısa dalga boylu UV ışığı kullanılan bir teknolojidir. Fakat kullanılan dalga boyu aralığı aynı zamanda lezzet kayıplarına neden olmaktadır (Koutchma, Forney ve Moraru, 2009).

Çiğ sütün termal (HTST ve UHT) ve termal olmayan (UV-C) ile muamelesi sonucu kimyasal kompozisyonunun incelendiği bir çalışmada çiğ sütte D vitamini 284,67 IU tespit edilmiş, işlem görmüş süt örneklerinde D vitamini tespit edilememiştir. Çalışma sonucunda genellikle süte işlem sonrası 400-600 IU D vitaminini takviye edildiği belirtilmiştir (Cappozzo, Koutchma ve Barnes, 2015).

UV ışın uygulamasının sütün fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisinin araştırıldığı benzer bir çalışmada çiğ süt 4 farklı sürede (5, 10, 15 ve 25 dk.) ışına maruz bırakılmış ve işlem süresi arttıkça D<sub>3</sub> vitamin miktarının arttığı bildirilmiştir. Uygulanan işlem süresine bağlı olarak D<sub>3</sub> vitamin içeriğinin 0,994-1,83 µg/100 g aralığında değiştiği rapor edilmiştir

(Kharitonov, Sherstneva, Kharitonov, Yurova ve Kurchenko, 2019). Bu çalışmada D<sub>3</sub> vitaminindeki artış yaklaşık 30 mg/kg seviyesinde olup bulunan değerler yukarıda verilen Kharitonov, Sherstneva, Kharitonov, Yurova ve Kurchenko (2019)'nin değerlerinden yaklaşık 3 kat fazla olduğu görülmektedir.

#### **4.2.4. UV-C'nin Sütün Yağ Asidi Kompozisyonu Üzerine Etkisi**

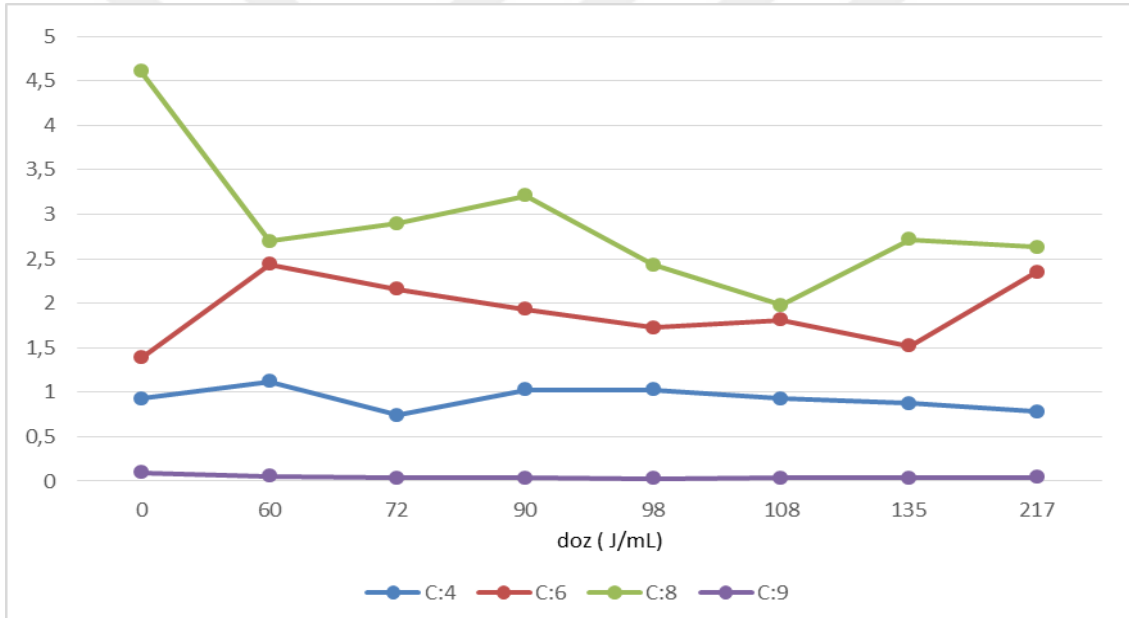
Çiğ süt örneklerinin yağ asidi kompozisyonu ve farklı dozlarda UV-C uygulamasının yağ asidi kompozisyonu üzerine etkisi incelenmiş, veriler değerlendirilirken doymuş yağ asitleri ve doymamış yağ asitleri olarak ayrı ayrı ele alınmıştır. Çiğ ve farklı dozlarda UV-C uygulamasına tabi tutulmuş süt örneklerinin doymuş yağ asitleri (%) Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Çiğ ve farklı dozlarda UV-C uygulanmış süt örneklerinin doymuş yağ asitleri sonuçları (%)

UV Doz (J/mL)	Bütirik asit (C4:0)	Kaproik asit (C6:0)	Kaprilik asit (C8:0)	Nonanoik asit (C9:0)	Kaprik asit (C10:0)	Undekanoik asit (C11:0)	Laurik asit (C12:0)	Miristik asit (C14:0)	Pentadekanoik asit (C15:0)	Palmitik asit (C16:0)	Heptadekanoik asit (C17:0)	Stearik asit (C18:0)
0 (Çiğ)	0,929±0,18c	1,384±0,23d	4,605±0,12a	0,099±0,01a	6,320±0,04a	0,682±0,01a	6,261±0,04ab	12,739±0,23f	0,528±0,04a	22,965±0,13bcd	0,807±0,02de	6,467±0,03f
0 (Pastörize)	0,704±0,11h	2,460±0,13a	2,054±0,05f	0,065±0,03b	4,159±0,12e	0,566±0,30a	5,309±0,34e	12,582±0,13f	0,277±0,02d	25,241±0,11a	0,876±0,05d	7,048±0,18d
60	1,119±0,09a	2,437±0,16a	2,572±0,19cde	0,056±0,03bc	2,674±0,10g	0,073±0,01b	6,163±0,09abc	8,116±0,16g	0,355±0,01c	22,434±0,01cd	2,245±0,09a	8,827±0,23b
	1,119±0,09a	2,437±0,16a	2,559±0,07cde	0,056±0,03bc	2,857±0,06g	0,073±0,01b	6,160±0,10abc	8,110±0,16g	0,358±0,09c	22,202±0,28d	2,273±0,05a	8,820±0,15b
	1,128±0,14a	2,435±0,25a	2,826±0,12cde	0,053±0,02bc	2,729±0,05g	0,082±0,03b	6,506±0,16a	8,443±0,25g	0,341±0,02c	23,883±1,31b	2,129±0,04a	9,068±0,24ab
	1,128±0,14a	2,435±0,24a	2,835±0,15bcd	0,053±0,02bc	2,741±0,05g	0,082±0,03b	6,506±0,16a	8,468±0,24g	0,338±0,05c	23,956±0,31b	2,135±0,06a	9,095±0,20a
72	0,739±0,16g	2,183±0,08b	2,957±0,04bc	0,033±0,01c	4,239±0,01de	0,112±0,01b	5,723±0,16d	16,729±0,08bc	0,418±0,05b	23,790±0,30b	0,636±0,11e	6,474±0,15f
	0,742±0,18g	2,150±0,17b	2,869±0,11bcd	0,032±0,05c	4,549±0,05c	0,117±0,03b	5,767±0,06cd	16,770±0,17bc	0,418±0,08b	23,633±1,29bc	0,737±0,09de	6,370±0,06f
	0,742±0,12g	2,150±0,17b	2,869±0,11bcd	0,032±0,05c	4,535±0,06c	0,114±0,03b	5,782±0,02cd	16,777±0,17bc	0,415±0,02b	23,097±0,10bcd	0,730±0,07de	6,673±0,05f
90	1,028±1,13b	1,929±0,19c	3,210±0,23b	0,038±0,02bc	4,339±0,24cd	0,197±0,04b	5,765±0,29cd	13,101±0,19ef	0,165±0,01e	18,532±0,89f	1,571±0,36c	7,020±0,02d
98,4	1,030±1,11b	1,728±0,18c	2,433±0,25e	0,032±0,04c	3,881±0,06f	0,167±0,05b	5,247±0,24e	12,588±0,18f	0,245±0,01d	20,483±0,58e	1,859±0,22b	8,015±0,20c
107,8	0,930±1,01c	1,814±0,09c	1,981±1,23f	0,038±0,01bc	4,203±0,06e	0,213±0,09b	5,632±0,23de	13,357±0,09def	0,256±0,01d	20,098±0,95e	1,563±0,10c	7,059±0,13d
135,4	0,875±1,04d	1,517±0,24d	2,716±0,81cde	0,035±0,03bc	2,359±0,11h	0,136±0,03b	5,261±0,11e	16,439±0,24c	0,282±0,07d	25,806±0,90a	0,718±0,03de	6,894±0,13d
216,9	0,785±1,14f	2,427±0,16a	2,747±0,27cde	0,039±0,02bc	4,267±0,04cd	0,199±0,03b	5,755±0,34cd	17,719±0,16a	0,257±0,01d	22,984±0,88bcd	0,751±0,06de	6,607±0,19ef
	0,785±1,14f	2,425±0,16a	2,747±0,27cde	0,040±0,04bc	4,267±0,04cde	0,199±0,03b	5,750±0,34cd	17,336±0,16ab	0,257±0,02d	22,980±0,72bcd	0,772±0,12de	6,600±0,20ef
	0,789±1,12f	2,427±0,23a	2,637±0,11cde	0,044±0,05bc	4,990±0,06b	0,190±0,01b	5,895±0,07bcd	14,141±0,23d	0,256±0,05d	22,514±0,29cd	0,738±0,01de	6,841±0,07de
	0,775±1,18f	2,235±0,15ab	2,511±0,13de	0,046±0,03bc	4,499±0,40cd	0,193±0,01b	5,806±0,25cd	13,689±0,15de	0,280±0,03d	22,473±0,37cd	0,798±0,07de	6,435±0,13f
	0,775±1,18f	2,235±0,13ab	2,511±0,13de	0,046±0,03bc	4,560±0,53c	0,193±0,01b	5,806±0,25cd	13,849±0,13de	0,272±0,05d	22,889±0,92bcd	0,798±0,07de	6,430±0,10f

\*Aynı sütündeki farklı harfler istatistiksel farkı belirtmektedir ( $p<0,05$ ). ±: Standart sapma

Doymuş yağ asiti olan bütirik asit (C4:0) miktarları işlem görmemiş çiğ sütte % 0,929, pastörize sütte % 0,704 oranında bulunmuştur. Farklı akış hızı ve farklı sıcaklıklarda UV-C işlemine maruz kalan süt örneklerinde C4:0 oranı ise % 0,739-1,128 aralığında tespit edilmiştir. Pastörize sütle kıyaslandığında UV-C ışına maruz kalan sütlerde C4:0 miktarında artış olduğu görülmekle beraber çiğ sütle karşılaştırıldığında uygulanan doza bağlı olarak C4:0 miktarlarında artış ve azalışın olduğu görülmektedir. 107,8 J/mL UV-C doz uygulanan örnek ile çiğ süt arasındaki C4:0 miktarı bakımından farkın önemsiz olduğu ( $p>0,05$ ). Benzer şekilde aynı akış hızında farklı sıcaklık uygulamalarının C4:0 üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $p>0,05$ ). Şekil 4.17 farklı dozlarda UV-C uygulanmış çiğ sütlerin Bütirik asit (C4:0), Kaproik asit (C6:0), Kaprilik asit (C8:0) ve Nonanoik asit (C9:0) miktarlarındaki değişim verilmiştir.



Şekil 4.17. Farklı dozlarda UV-C uygulanmış çiğ sütlerin Bütirik asit (C4:0), Kaproik asit (C6:0), Kaprilik asit (C8:0) ve Nonanoik asit (C9:0) miktarlarındaki ortalama değişim

Şekil 4.17 incelendiğinde C4:0 miktarında ki en fazla artışın en düşük doz olan 60 J/mL UV-C uygulamasında olduğu belirlenmiştir. En düşük C4:0 oranı ise 72 J/mL doz uygulamasında ölçülmüştür. Uygulanan doz arttıkça C4:0 oranında önce artış ve tekrar oransal olarak bir azalış olduğu tespit edilmiştir.

Cilliers vd. (2014), yapmış oldukları çalışmada UV-C ve pastörizasyon işlemlerinin sütün yağ asidi kompozisyonu üzerine etkisini incelemişler ve C4:0 miktarını çiğ sütte % 3,60 UV-C uygulanmış sütte ise % 2,50 olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmada bulunan sonuçlar

Cilliers vd. (2014)'ün yapmış olduğu araştırma ile benzerlik göstermektedir. Uygulamaların çoğunda C4:0 miktarında oransal bir azalış olduğu belirlenmiştir.

Çiğ süte ve pastörize süte farklı sürelerde (5, 10, 15, 25 dk.) UV-C uygulaması üzerine yapılmış olan bir çalışmada uygulama süresine bağlı olarak süte 5,1-102 mJ/cm<sup>2</sup> doz ışın uygulanmıştır. Araştırma verilerine göre işlem görmemiş çiğ süte C4:0 miktarı % 2,88 iken işlem görmüş sütlerde % 2,64-2,80 aralığında tespit edilmiştir. UV uygulamasının C4:0 miktarında istatistiksel olarak anlamlı bir değişikliğe neden olmadığı bildirilmiştir (Kharitonov, Sherstneva, Kharitonov, Yurova ve Kurchenko, 2019).

Benzer bir çalışmada keçi sütüne UV-C uygulanmış ve yağ asidi kompozisyonundaki değişim incelenmiştir. Kontrol örneğinde C4:0 % 1,77 oranında UV-C uygulanan süt örneğinde % 1,87 oranında bulunduğu, C4:0 miktarındaki değişimin önemli olmadığı rapor edilmiştir (Matak vd., 2007).

Çalışma sonuçları Matak vd. (2007), Kharitonov, Sherstneva, Kharitonov, Yurova ve Kurchenko (2019) araştırma verileri ile paralellik göstermektedir. Uygulanan ışın dozuna bağlı olarak C4:0 miktarında artış ya da azalış meydana geldiği tespit edilmiştir.

Süt örneklerinin kaproik asit (C6:0) miktarları işlem görmemiş çiğ süte % 1,384, pastörize süte % 2,460 olarak ölçülmüştür. Farklı dozlarda UV-C ışın uygulanan sütlerde ise % 1,517-2,437 aralığında olduğu tespit edilmiştir. İşlem görmemiş süt ile UV4 (135,4 J/mL doz UV-C) kodlu örnek arasında istatistiksel anlamda bir fark bulunmaz (p>0,05) iken, diğer işlem görmüş sütler ile işlem görmemiş çiğ süt arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p<0,05). UV-C ışın uygulamasının C6:0 oranındaki değişimine sıcaklığın etkisi olmadığı tespit edilmiştir (p>0,05). En düşük miktardaki C6:0 oranı 135,4 J/mL dozda belirlenmiştir. Akış hızı düşüldükçe, uygulanan ışın dozu arttıkça C6:0 oranında azalış olduğu 135,4 J/mL dozdan sonra tekrar C6:0 miktarında artış olduğu görülmektedir. UV-C uygulanan en yüksek dozda belirlenen C6:0 oranı % 2,437 iken, pastörize sütteki C6:0 oranı % 2,440 olarak belirlenmiştir.

Kaprilik asit (C8:0) oranı incelendiğinde işlem görmemiş çiğ süte % 4,605, pastörize süte % 2,054 olarak ölçülmüştür. Farklı dozlarda UV-C uygulanmış süt örneklerinde C8:0 en düşük 107,8 J/mL doz uygulamasında % 1,981 olarak, en yüksek 90 J/mL doz uygulamasında % 3,210 olarak belirlenmiştir. Genel olarak UV-C uygulaması sonucu C8:0 miktarlarında oransal olarak bir azalma olduğu görülmüştür. İşlem görmemiş çiğ süt ile UV-C uygulanmış

tüm gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Pastörize süt ile sadece 107,8 J/mL doz ışın uygulanan süt örneği arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmazken ( $p>0,05$ ), diğer tüm gruplar arasındaki fark önemli bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Akış hızı ve sıcaklık arttıkça C8:0 miktarında oransal olarak artış olduğu görülmektedir. Akış hızı kadar sıcaklığın da C8:0 oranındaki değişimde etkili olduğu tespit edilmiştir.

UV-C ve pastörizasyonun ayrı ayrı ve birlikte uygulandığı bir çalışmada C8:0 miktarı kontrol örneğinde % 1,50 işlem görmüş örneklerde ise % 1,20-1,50 aralığında olduğu bildirilmiştir. UV-C uygulanmış süt örneklerinde C8:0 oranı % 1,20 oranında tespit edilmiş ve UV-C'nin oransal olarak C8:0 miktarında azalmaya neden olduğu belirtilmiştir (Cilliers vd., 2014).

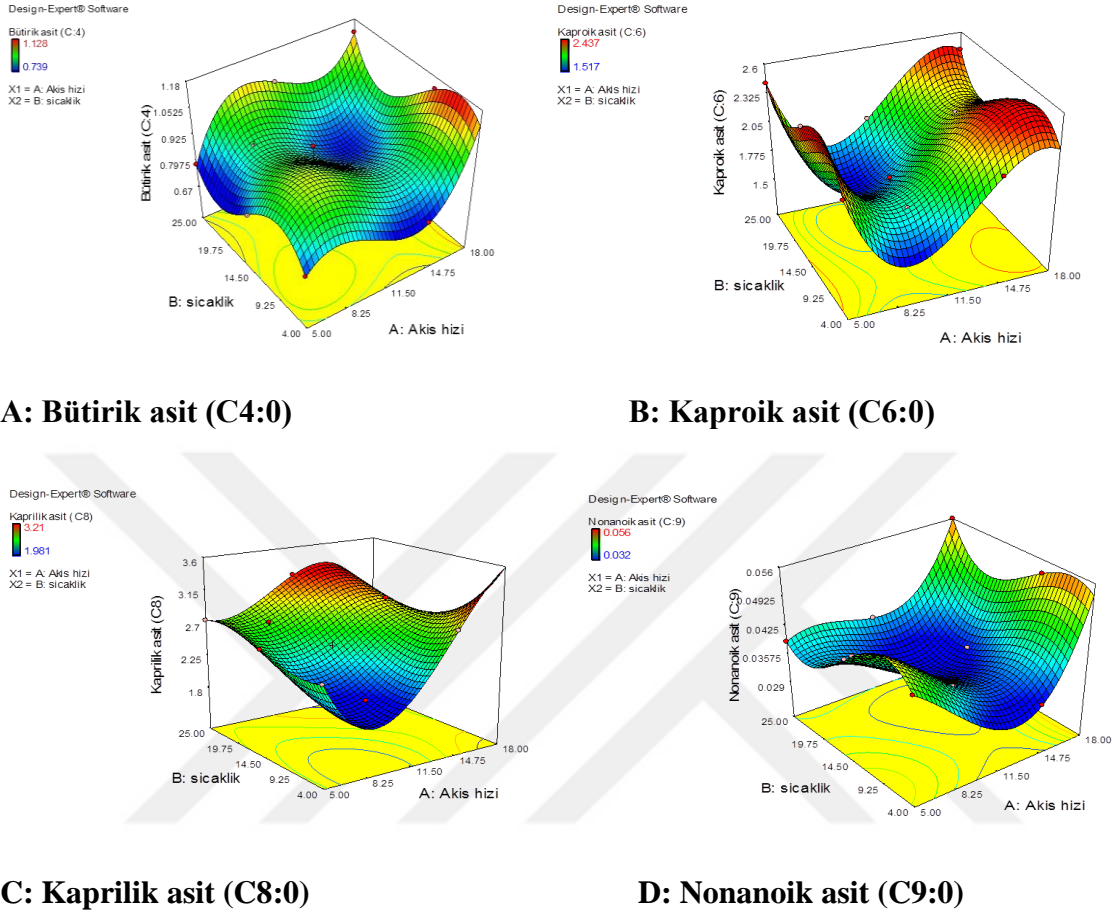
Kharitonov, Sherstneva, Kharitonov, Yurova ve Kurchenko, (2019), yapmış oldukları çalışmada süte farklı sürelerde UV-C uygulamışlardır. Çalışma sonucunda işlem görmemiş çiğ sütte C8:0 oranı % 1,35 oranında işlem görmüş süt örneklerinde ise % 1,28-1,36 aralığında tespit edilmiş ve UV uygulamasının sütin C8:0 miktarında anlamlı bir değişikliğe neden olmadığı rapor edilmiştir.

Başka bir çalışmada, keçi sütüne UV-C uygulaması ile çiğ sütin C8:0 miktarı % 3,05, işlem görmüş sütin C8:0 miktarı % 3,08 oranında bulunmuş ve UV-C uygulamasının C8:0 miktarı üzerine etkisi olmadığı bildirilmiştir (Matak vd., 2007). Bulunan değerler Cilliers vd., (2014), Kharitonov, Sherstneva, Kharitonov, Yurova ve Kurchenko, (2019) ve Matak vd. (2007)'nin bulduğu sonuçlar ile paralellik göstermektedir.

Bir diğer doymuş yağ asidi olan nonanoik asit (C9:0) sonuçları incelendiğinde işlem görmemiş çiğ sütte % 0,099 oranında olduğu, pastörize sütte bu oran azalarak % 0,065'e düştüğü belirlenmiştir. UV-C ışına maruz bırakılan sütlerde C9:0 oranı % 0,032-0,056 aralığında bulunmuştur. UV-C uygulaması oransal olarak C9:0 miktarlarında azalmaya neden olmuştur. İşlem görmemiş çiğ süt ile UV-C uygulaması ile muamele edilmiş diğer gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur ( $p<0,05$ ). En yüksek oranda C9:0 miktarı 18 ml/dk akış hızında (60 J/mL doz UV-C) tespit edilmiştir. Genel olarak akış hızı düştükçe (doz miktarı arttıkça) C9:0 oranında da azalma meydana gelmiş, fakat 10 ml/dk akış hızından (107,8 J/mL doz UV-C) sonra tekrar C9:0 oranında artış olduğu belirlenmiştir. Farklı akış hızı (doz) ve farklı sıcaklıklarda UV-C uygulanmış sütlerin Bütirik asit (C4:0),

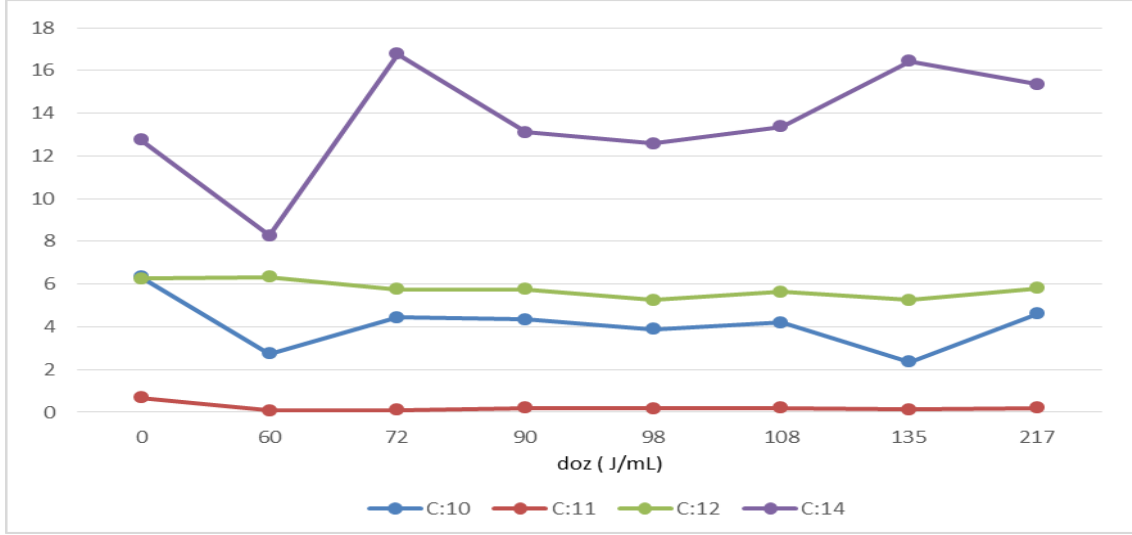


Kaproik asit (C6:0), Kaprilik asit (C8:0) ve Nonanoik asit (C9:0) miktarlarındaki değişim Şekil 4.18’de verilmiştir.



Şekil 4.18. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış çiğ sütlerin Bütirik asit (C4:0), Kaproik asit (C6:0), Kaprilik asit (C8:0), Nonanoik asit (C9:0) miktarlarındaki değişim

Örneklerin kaprik asit (C10:0) miktarları işlem görmemiş sütte % 6,320, pastörize sütte % 4,159 oranında bulunmuştur. Farklı akış hızı ve farklı sıcaklıklarda UV-C ışına maruz bırakılan sütlerde % 2,359-4,990 aralığında olduğu tespit edilmiştir. Hem pastörizasyon işleminde hem de UV-C uygulamasında C10:0 oranında azalma olduğu belirlenmiştir. Gruplar arası farkın belirlenebilmesi için uygulanan Duncan çoklu karşılaştırma testine göre işlem görmemiş çiğ süt örneği ile UV-C uygulanmış süt örnekleri arasında C10:0 miktarı bakımından fark önemli bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Şekil 4.19’da farklı dozlarda UV-C uygulanmış çiğ sütlerin Kaprik asit (C10:0), Undekanoik asit (C11:), Laurik asit (C12:0) ve Miristik asit (C14:0) miktarlarındaki ortalama değişim verilmiştir.



Şekil 4.19. Farklı dozlarda UV-C uygulanmış sütlerin Kaprik asit (C10:0), Undekanoik asit (C11:0), Laurik asit (C12:0) ve Miristik asit (C14:0) miktarlarındaki ortalama değişim

Şekil 4.19 incelendiğinde işlem görmemiş sütün C10:0 oranı % 6,320 iken, UV-C ile işlem görmüş sütlerin en yüksek C10:0 oranı ortalaması % 4,610 olarak en düşük akış hızı olan 5 mL/dk (216,9 J/mL doz UV-C) hızda belirlenmiştir. En düşük C10:0 oranı ise % 2,359 olarak 8 mL/dk (135,4 J/mL doz UV-C) akış hızında tespit edilmiştir. Pastörize sütte % C10:0 oranı % 4,159 olarak bulunmuştur. UV-C uygulama ile pastörize sütteki C10:0 oranına yakın bir değer bulunmuştur.

Çiğ süte UV-C uygulanması üzerine yapılan bir çalışma sonucuna göre UV-C uygulaması sonrası C10:0 miktarının % 3,40 oranından % 2,80 oranına düştüğü bildirilmiştir (Cilliers vd., 2014).

Benzer bir başka çalışmada ise farklı dozlarda UV-C uygulanmış sütlerin yağ asidi kompozisyonu incelenmiştir. Araştırma sonucunda kontrol örneğinde C10:0 oranı % 3,54 iken bu oranın işlem görmüş örneklerde % 2,96-3,08 aralığına gerilediği rapor edilmiştir (Kharitonov, Sherstneva, Kharitonov, Yurova ve Kurchenko, 2019).

Matak vd., (2007) UV-C ışın uygulamasının keçi sütünün kimyasal kompozisyonu üzerine etkisini incelemişler ve çiğ sütte C10:0 miktarını % 10,75 oranında UV-C uygulanan sütte ise % 10,66 oranında bulduklarını bildirmişlerdir. UV-C uygulamasının C10:0 miktarını değiştirecek bir etkisi olmadığını rapor etmişlerdir.

Bizim çalışma sonuçlarımız Cilliers vd. (2014) ve Kharitonov, Sherstneva, Kharitonov, Yurova ve Kurchenko (2019) araştırma sonuçları ile benzerlik göstermiş UV-C'nin C10:0 miktarında oransal olarak azalmaya neden olduğu tespit edilmiş, Matak vd. (2007)'nin bulduğu değerlerden farklı bulunmuştur.

Undekanoik asit (C11:0) miktarlarına bakıldığında işlem görmemiş çiğ sütte % 0,682, pastörize sütte 0,566 oranında olduğu tespit edilmiştir. Farklı dozlarda UV-C ışın uygulanan çiğ süt örneklerinde ise C11:0 oranı % 0,073-0,213 aralığında değişmektedir. Işına maruz kalan sütlerde hem işlem görmemiş çiğ süt hem de pastörize süte göre C11:0 oranında azalma olduğu tespit edilmiştir. Işına maruz bırakılan sütler ile hem işlem görmemiş hem de pastörize kontrol grupları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunurken ( $p < 0,05$ ) ışına maruz kalan süt örnekleri arasındaki fark yani ışınlama dozu istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $p > 0,05$ ).

En düşük C11:0 % 0,073 oranı en yüksek akış hızı olan 18 mL/dk (60 J/mL UV-C doz) akış hızında ölçülmüştür. Uygulanan UV-C dozu arttıkça C11:0 oranında artış olduğu görülmekle birlikte bu artışın istatistiki olarak önemsiz olduğu tespit edilmiştir ( $p > 0,05$ ).

Süt örneklerinin 12 karbonlu doymuş bir yağ asidi olan laurik asit (C12:0) miktarlarının işlem görmemiş çiğ sütte % 6,261, pastörize sütte % 5,309 oranında olduğu tespit edilmiştir. Farklı sıcaklık ve farklı akış hızlarında UV-C ışına maruz bırakılan süt örneklerinin C12:0 oranları % 5,247-6,506 aralığında tespit edilmiştir. Aynı akış hızında farklı sıcaklıklarda UV-C ışına maruz bırakılan örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir ( $p > 0,05$ ). Bu nedenle C12:0 oranındaki değişimde akış hızının etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

En yüksek C12:0 oranı en düşük doz olan 60 J/mL UV-C ışın uygulamasında % 6,506, en düşük C12:0 oranı ise % 5,247 olarak 98,4 J/mL doz UV-C ışın uygulamasında tespit edilmiştir. Akış hızı azaldıkça uygulanan UV-C ışın dozu artmakta ve C12:0 oranı da azalmaktadır.

Cilliers vd. (2014), yapmış oldukları çalışma sonucunda sütte UV-C uygulaması ile C12:0 miktarının % 3,90 oranından % 3,40 oranına düştüğünü fakat azalmanın istatistiksel olarak önemli olmadığını belirtmişlerdir.

Kharitonov, Sherstneva, Kharitonov, Yurova ve Kurchenko, (2019), yapmış oldukları çalışmada çiğ sütte % 3,54 olan C12:0 miktarının UV uygulaması sonrasında % 3,52-3,62 aralığında tespit edildiğini ve UV uygulamasının C12:0 miktarında önemli bir değişime neden olmadığını belirtmişlerdir.

Keçi sütüne UV-C uygulanan benzer bir araştırmada kontrol örneğinde C12:0 % 5,11, UV-C uygulanan sütte % 5,05 oranında tespit edilmiş ve UV-C'nin C12:0 miktarı üzerine etkisi olmadığı rapor edilmiştir (Matak, 2007).

Saman ve silaj gibi kaba yem kaynağına bağlı olarak farklı diyetlerle beslenen inek ve mandalardan elde edilen sütlerin yağ asidi kompozisyonlarının belirlenmiş olduğu bir çalışmada C12:0 % 2,32-6,24 aralığında tespit edilmiştir (Penchev, Ilieva, Ivanona ve Kalev, 2016). C12:0 bakımından çalışma sonuçları Kharitonov, Sherstneva, Kharitonov, Yurova ve Kurchenko, (2019), Matak, 2007 ve Penchev, Ilieva, Ivanona ve Kalev, (2016)'nın buldukları sonuçlar ile benzerlik göstermektedir.

Süt örneklerinin miristik asit (C14:0) sonuçları; işlem görmemiş çiğ sütte % 12,739, pastörize sütte % 12,582 oranında olduğu tespit edilmiştir. Farklı sıcaklık ve farklı akış hızlarında UV-C ışına maruz bırakılan süt örneklerinin C14:0 oranları % 8,110-17,719 aralığında belirlenmiştir. En düşük C14:0 % 8,110 oranı ile en yüksek akış hızı olan 18 mL/dk (60 J/mL UV-C doz) akış hızında tespit edilmiştir. En yüksek C14:0 oranı % 17,719 ile en düşük akış hızı olan 5 mL/dk (216,9 J/mL UV-C doz) akış hızında belirlenmiştir.

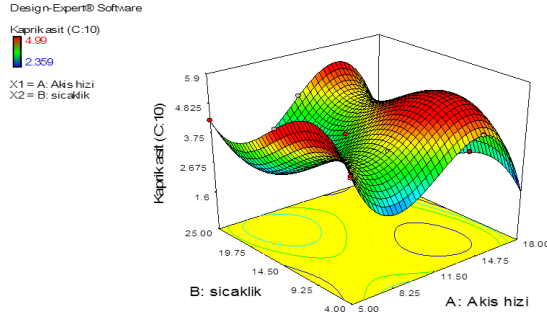
UV-C'nin tek başına ve pastörizasyon işlemi (HTST) ile birlikte uygulandığı bir araştırmada çiğ sütte C14:0 miktarı 11,42-11,71 mg/g olarak belirlenirken işlem görmüş sütlerde 10,60 (önce HTST sonra UV-C uygulanmış örnek) ile 11,82 mg/g (sadece HTST uygulanmış örnek) aralığında tespit edilmiştir. C14:0 miktarında süte uygulanan işlemlerin istatistiksel olarak anlamlı bir değişikliğe neden olmadığı bildirilmiştir (Cappozzo, Koutchma ve Barnes, 2015).

Çiğ süte UV uygulamasının yağ asidi kompozisyonu üzerine etkisinin incelendiği benzer bir çalışmada işlem görmemiş sütte C14:0 oranı % 11,22 iken işlem görmüş süt örneklerinde % 11,28-11,45 oranında tespit edildiği ve istatistiksel olarak önemli bir değişiklik olmadığı rapor edilmiştir (Kharitonov, Sherstneva, Kharitonov, Yurova ve Kurchenko, 2019).

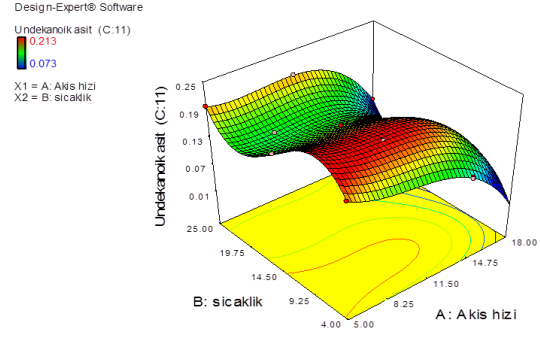
Matak vd. (2007), yapmış oldukları araştırmada işlem görmemiş keçi sütünde C14:0 miktarını % 9,93 oranında, UV-C uygulanan sütte ise % 9,88 oranında tespit etmişlerdir. Farklı yemlerle beslenen ineklerden elde edilen sütlerin yağ asidi kompozisyonunun incelendiği bir çalışmada % 9,42-14,05 oranında C14:0 bulunduğu belirtilmiştir (Penchev, Ilieva, Ivanona ve Kalev, 2016). Kimyasal olarak işlenmiş tropikal yem kullanımının inek sütünün yağ asidi profili üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada sütün yağ asidi kompozisyonu incelenmiştir. Araştırma sonucuna göre C14:0 miktarı % 12,40-13,77 oranında bulunmuştur (Martins vd., 2016). Çalışma sonuçları yukarıdaki araştırma sonuçları ile benzerlik göstermekle birlikte, bizim alışmamızda UV-C uygulanan doza bağlı olarak C14:0 oranında önemli bir artışa neden olmuştur.

Bizim alışmamızda ise UV-C işleminin C14:0 miktarında anlamlı bir artışa neden olduğu belirlenmiştir. Araştırma bulguları arasındaki farkın uygulanan UV-C dozuna bağlı olarak değiştiği düşünülmektedir.

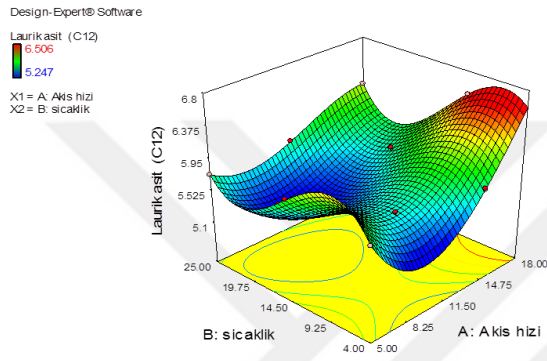
Farklı akış hızı (doz) ve farklı sıcaklıklarda UV-C uygulanmış sütlerin Kaprik asit (C10:0), Undekanoik asit (C11:0), Laurik asit (C12:0) ve Miristik asit (C14:0) miktarlarındaki değişim Şekil 4.20'de verilmiştir.



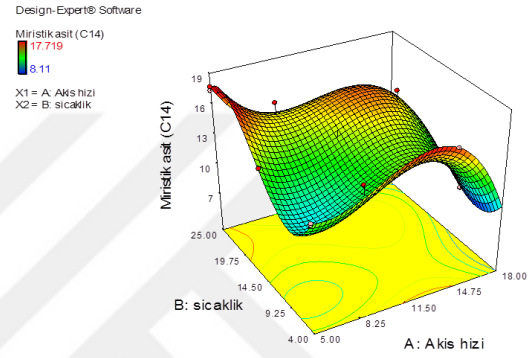
**A: Kaprik asit (C10:0)**



**B: Undekanoik asit (C11:0)**



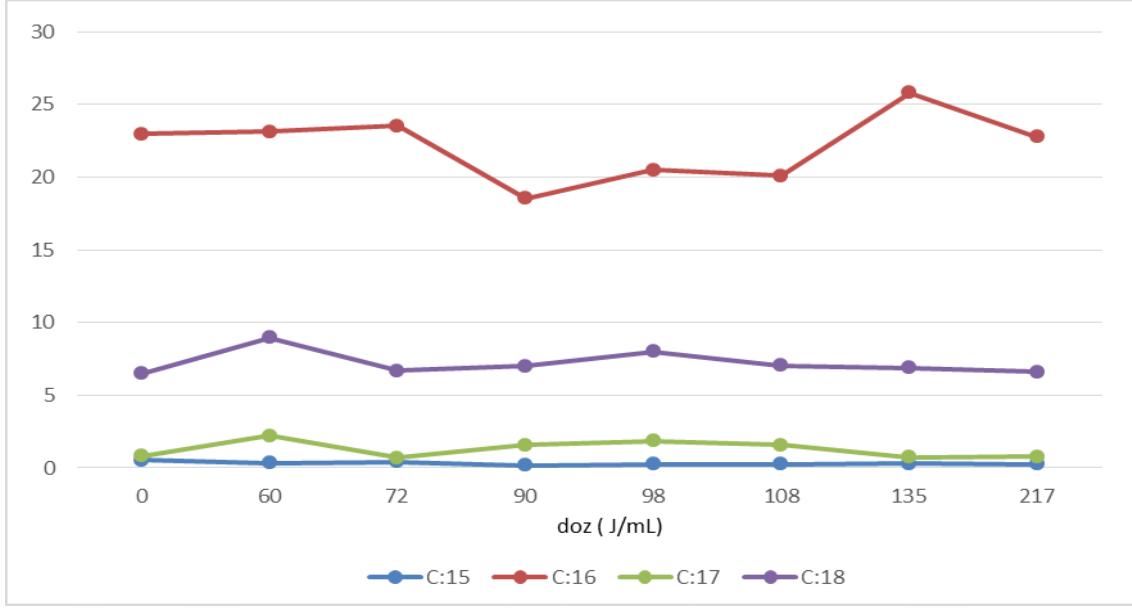
**C: Laurik asit (C12:0)**



**D: Miristik asit (C14:0)**

Şekil 4.20. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış çiğ sütlerin Kaprik asit (C10:0), Undekanoik asit (C11:0), Laurik asit (C12:0) ve Miristik asit (C14:0) miktarlarındaki değişim

15 karbonlu doymuş yağ asidi olan pentadekanoik asit (C15:0) sonuçlarına göre işlem görmemiş çiğ sütte % 0,528, pastörize sütte % 0,277 oranında bulunmuştur. Farklı dozlarda UV-C ışın uygulanmış sültere C15:0 oranı % 0,165-0,418 aralığında değişmiştir. İşlem görmemiş çiğ süt örneği ile UV-C uygulanmış çiğ süt örnekleri arasındaki farkın C15:0 oranı bakımından anlamlı olduğu tespit edilmiştir ( $p < 0,05$ ). Genel olarak hem pastörizasyon işleminin hem de UV-C ışın uygulamasının C15:0 miktarında oransal olarak azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca aynı akış hızında farklı sıcaklıkta UV-C uygulanmış gruplar arası fark incelendiğinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir. Şekil 4.21’de farklı dozlarda UV-C uygulanmış çiğ sütlerin Pentadekanoik asit (C15:0), Palmitik asit (C16:0), Heptadekanoik asit (C17:0) ve Stearik asit (C18:0) miktarlarındaki ortalama değişim verilmiştir.



Şekil 4.21. Farklı dozlarda UV-C uygulanmış çiğ sütlerin Pentadekanoik asit (C15:0), Palmitik asit (C16:0), Heptadekanoik asit (C17:0) ve Stearik asit (C18:0) miktarlarındaki ortalama değişim

Uygulanan UV-C dozu arttıkça C15:0 miktarında oransal olarak azalış gözlemlenmektedir. En yüksek C15:0 oranı % 0,418 olarak 72 J/mL doz UV-C ışın uygulanmış örnekte, en düşük C15:0 oranı ise % 0,165 olarak 90 J/mL doz UV-C ışın uygulanmış örnekte belirlenmiştir.

Önemli doymuş yağ asitlerinden olan palmitik asit (C16:0) oranları çiğ sütte % 22,965, pastörize sütte % 25,241 olarak bulunmuştur. Çiğ süt ve pastörize süttten oluşan kontrol örnekleri ile UV-C ışın uygulanmış süt örneklerinin C16:0 oranı bakımından arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). İşlem görmemiş çiğ süt ile UV-C işlem uygulanan UV4-UV7 kodlu örnekler arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı ( $p < 0,05$ ), diğer UV-C uygulanan gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir ( $p > 0,05$ ). C16:0 oranları üzerinde akış hızının etkili olduğu, aynı akış hızında farklı sıcaklıkta UV-C uygulanmış gruplar incelendiğinde sadece 18 mL/dk akış hızındaki (60 J/mL doz UV-C) uygulamalarda gruplar arası fark anlamlı bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Farklı dozlarda UV-C uygulanmış sütlerin C16:0 oranı en düşük % 18,532 olarak 90 J/mL doz uygulamasında, en yüksek C16:0 oranı % 25,806 olarak 135,4 J/mL doz uygulamasında bulunmuş ve sonuç olarak C16:0 oranındaki değişim üzerinde akış hızı ve sıcaklığın etkili olduğu tespit edilmiştir.

Cappozzo, Koutchma ve Barnes (2015), süte UV-C ve ısıtma işlem uygulamalarının kimyasal kompozisyon üzerine etkisini araştırmışlar ve uygulama sonrası depolamanın 1.,7.,14. gününde ölçüm yapmışlardır. C16:0 çiğ sütte 31,94-32,66 mg/g aralığında tespit edilirken işlem görmüş sütlerde en düşük pastörize sütte 31,35 mg/g ve en yüksek 2,090 J/L doz UV-C uygulanmış sütte 34,24 mg/g olarak tespit etmişlerdir. UV-C uygulamasının sütte C16:0 miktarında az da olsa bir artışa neden olduğu fakat bu artışın istatistiksel olarak önemli olmadığı bildirilmiştir.

Başka bir çalışmada ise kontrol örneğinde C16:0 % 29,40 oranında, UV uygulanan sütlerde ise % 29,37-29,84 aralığında bulunduğu bildirilmiştir (Kharitonov, Sherstneva, Kharitonov, Yurova ve Kurchenko, 2019).

Matak vd. (2007), yapmış oldukları benzer bir araştırmada keçi sütüne UV-C uygulaması ile çiğ sütte % 23,12 oranında, işlem görmüş sütte % 23,17 oranında C16:0 tespit edildiğini ve UV-C uygulamasının C16:0 miktarı üzerine etkisi olmadığını rapor etmişlerdir. C16:0 bakımından araştırma sonuçları Cappozzo, Koutchma ve Barnes (2015), Kharitonov, Sherstneva, Kharitonov, Yurova ve Kurchenko, (2019) ve Matak vd., (2007)'nin sonuçları ile paralellik göstermektedir.

Heptadekanoik asit (C17:0) oranları incelendiğinde işlem görmemiş çiğ sütte % 0,807, pastörize sütte 0,878 olarak tespit edilmiştir. Farklı akış hızı ve farklı dozlarda UV-C uygulanmış çiğ süt örneklerinde en düşük % 0,636 oranında, en yüksek % 2,273 oranında tespit edilmiştir. UV-C uygulanmış süt örnekleri arasındaki C17:0 oranındaki değişimde akış hızının etkili olduğu sonucuna varılmıştır ( $p<0,05$ ). Farklı dozlarda UV-C uygulanmış sütlerin C17:0 oranı en düşük % 0,636 olarak 72 J/mL doz uygulamasında, en yüksek C17:0 oranı % 2,273 olarak 90 J/mL doz uygulamasında tespit edilmiştir.

Stearik asit (C18:0) sonuçlarına göre işlem görmemiş çiğ sütte % 6,467, pastörize sütte % 7,048 oranında C18:0 bulunmuştur. Farklı dozlarda UV-C uygulanmış çiğ sütlerin C18:0 oranları % 6,370-9,095 aralığında tespit edilmiştir. C18:0 oranlarındaki değişim üzerine akış hızı etkili olmaktadır ( $p<0,05$ ).

UV-C ve ısıtma işleminin C18:0 üzerine etkisinin incelendiği bir araştırmada çiğ sütte C18:0 miktarı 11,71-11,86 mg/g aralığında işlem görmüş örneklerde 11,27-12,80 mg/g aralığında tespit edilmiştir. UV-C'nin pastörizasyon ile birlikte uygulandığı süt örneklerinde



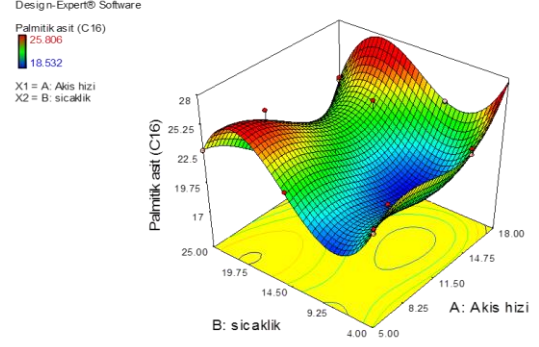
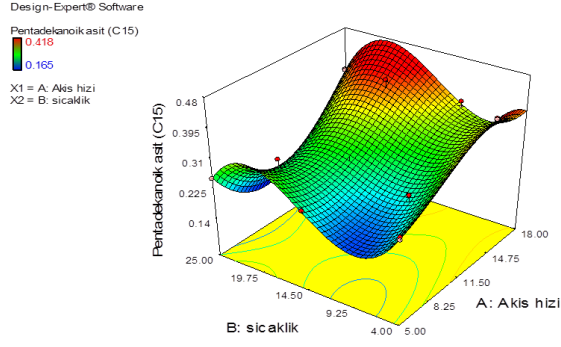
C18:0 miktarında artış görüldüğü fakat bu artışın istatistiksel olarak önemli olmadığı belirtilmiştir (Cappozzo, Koutchma ve Barnes, 2015).

Kharitonov, Sherstneva, Kharitonov, Yurova ve Kurchenko (2019), UV ışının farklı sürelerde süte uygulanması üzerine yapmış oldukları bir çalışmada çiğ sütte C18:0 miktarını % 10,85 oranında işlem görmüş sütlerde ise % 10,98-11 oranında bulunduğunu ve UV uygulamasının C18:0 miktarında bir değişime yol açmadığını bildirmişlerdir.

Matak vd. (2007), keçi sütüne UV-C uygulaması ile çiğ sütte % 10,78 oranında, işlem görmüş sütte % 10,82 oranında C18:0 belirlemişler ve UV-C uygulamasının istatistiksel olarak önemli bir değişikliğe neden olmadığını rapor etmişlerdir.

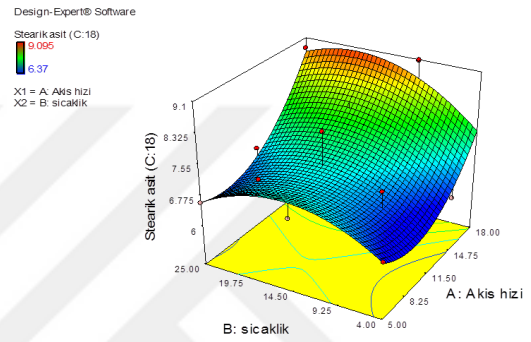
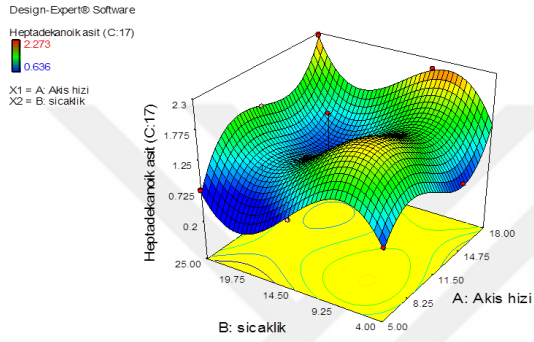
Farklı yem çeşitlerinin kullanımının inek sütünün yağ asidi kompozisyonu üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada % 5,80-7,97 oranında C18:0 bulunduğu belirtilmiştir (Martins vd., 2016).

Farklı akış hızı (doz) ve farklı sıcaklıklarda UV-C uygulanmış sütlerin Pentadekanoik asit (C15:0), Palmitik asit (C16:0), Heptadekanoik asit (C17:0) ve Stearik asit (C18:0) miktarlarındaki değişim Şekil 4.22'de verilmiştir.



**A: Pentadekanolik asit (C15:0)**

**B: Palmitik asit (C16:0)**



**C: Heptadekanolik asit (C17:0)**

**D: Stearik asit (C18:0)**

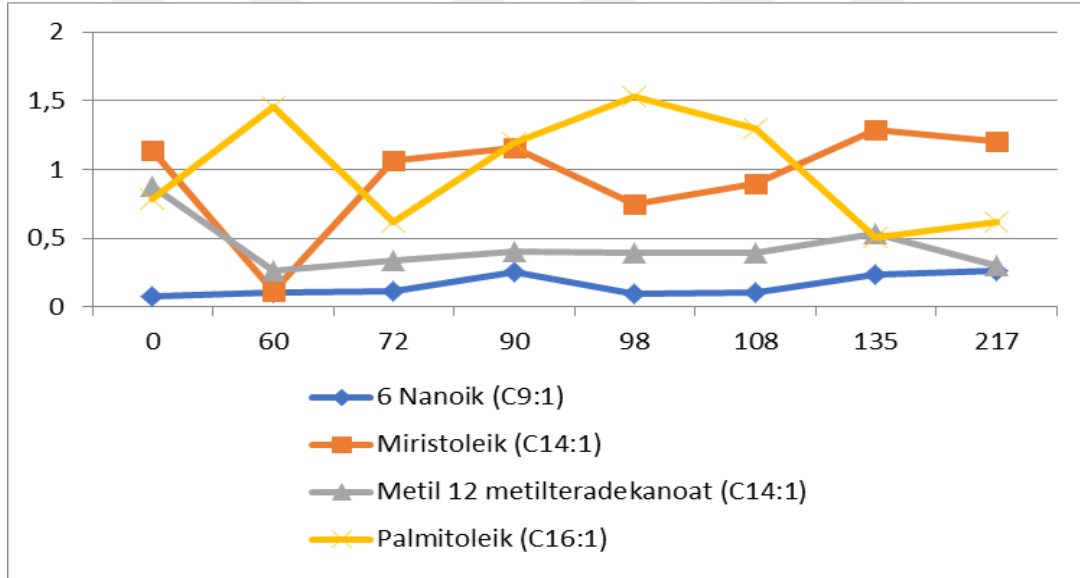
Şekil 4.22. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış çiğ sütlerin Pentadekanolik asit (C15:0), Palmitik asit (C16:0), Heptadekanolik asit (C17:0) ve Stearik asit (C18:0) miktarlarındaki değişim

Çizelge 4.7. Çiğ ve farklı dozlarda UV-C uygulanmış süt örneklerinin doymamış yağ asitleri sonuçları (%)

Doz (J/mL)	Sıcaklık (°C)	6-Nonanoik asit (C9:1)	Miristoleik asit (C14:1)	Metil 12-metil teradekanoat (C14:1)	Palmitoleik asit (C16:1)	Oleik asit (C18:1)	Linoleik asit (C18:2)	Gama-linolenik asit (C18:3n6)	Linolenik asit (C18:3n3)
0 (Çiğ)		0,074±0,01f	1,137±0,01bcd	0,875±0,01a	0,785±0,04d	29,959±0,11ef	1,209±0,06de	0,821±0,02def	0,343±0,01c
0 (Past.)		0,090±0,01e	1,127±0,19bcd	0,603±0,07b	0,740±0,15de	32,883±0,38bcd	1,737±0,58b	0,950±0,05c	0,211±0,01fg
60	25	0,098±0,02de	0,128±0,01g	0,252±0,04g	1,708±0,03a	32,950±0,09bcd	2,007±0,03a	1,169±0,03a	0,652±0,02a
	25	0,099±0,03de	0,126±0,02g	0,256±0,06fg	1,705±0,03a	32,950±0,09bcd	2,005±0,03a	1,166±0,07a	0,652±0,06a
	11	0,110±0,01d	0,109±0,03g	0,276±0,01efg	1,207±0,07b	33,148±0,99bc	1,582±0,16bc	1,177±0,13a	0,617±0,03a
	11	0,111±0,01d	0,110±0,03g	0,277±0,01efg	1,211±0,05c	33,248±1,10bc	1,588±0,15bc	1,172±0,15a	0,619±0,03a
72	17	0,151±0,03c	0,980±0,04e	0,410±0,05c	0,592±0,05ef	31,163±0,82cde	0,916±0,11e	0,919±0,08cd	0,242±0,013efg
	4	0,096±0,01de	1,097±0,07d	0,320±0,03cdefg	0,600±0,01ef	32,445±0,06bcd	0,913±0,01e	0,892±0,10cde	0,262±0,05def
	4	0,098±0,02de	1,107±0,04cd	0,298±0,01cdefg	0,660±0,02def	32,445±0,49bcd	0,914±0,03e	0,893±0,09cde	0,260±0,06def
90	25	0,256±0,07a	1,154±0,04bcd	0,404±0,18cd	1,191±0,09c	34,413±1,15ab	1,543±0,02bc	1,073±0,14ab	0,289±0,08cde
98,4	16	0,100±0,02de	0,752±0,05f	0,391±0,03cde	1,535 ±0,40b	34,532±0,83ab	1,446±0,10cd	0,978±0,12bc	0,468±0,06c
107,8	8	0,102±0,03de	0,897±0,03e	0,391±0,01cde	1,297±0,08c	36,201±1,15a	1,388±0,05cd	0,802±0,05ef	0,461±0,05b
135,4	21	0,234±0,01b	1,289±0,17a	0,529±0,06b	0,502±0,01f	30,159±1,25ef	1,517±0,05e	0,779±0,01f	0,245±0,01efg
216,9	25	0,093±0,01de	1,219±0,09abc	0,376±0,02cdef	0,636±0,03def	28,405±0,85e	0,790±0,02e	0,744±0,07f	0,197±0,02g
	25	0,095±0,03de	1,210±0,07abcd	0,264±0,05fg	0,630±0,04def	28,705±0,73e	0,790±0,02e	0,759±0,05f	0,193±0,02g
	15	0,094±0,07de	1,235±0,13ab	0,303±0,03cdefg	0,550±0,01f	30,858±0,35de	1,017±0,01f	0,721±0,03f	0,241±0,01efg
	4	0,092±0,01de	1,190±0,12abcd	0,286±0,02defg	0,643±0,04def	33,132±2,44bc	0,983±0,07ef	0,796±0,05cde	0,317±0,02cd
	4	0,096±0,03de	1,190±0,09abcd	0,280±0,01defg	0,640±0,07bd	33,130±2,40bc	0,980±0,09ef	0,791±0,07ef	0,310±0,08cd

\*Aynı sütündeki farklı harfler istatistiksel farkı belirtmektedir ( $p < 0,05$ ). ±: Standart sapma

Doymamış yağ asitlerinden 6-nanoik asit (C9:1) miktarı işlem görmemiş çiğ sütte % 0,074, pastörize sütte % 0,090 oranında bulunmuştur. Farklı akış hızı ve farklı sıcaklıkta UV-C uygulanmış çiğ süt örneklerinin C9:1 miktarlarının % 0,092-0,256 aralığında değiştiği tespit edilmiştir. İşlem görmemiş çiğ süt ile diğer UV-C uygulaması ile işlem görmüş sütler arasındaki C9:1 bakımından fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Akış hızı ve sıcaklığın C9:1 oranları üzerine etkisi incelendiğinde C9:1 oranı üzerine akış hızının etkili olduğu görülmüştür. Aynı akış hızında farklı sıcaklıkta UV-C uygulanmış çiğ sütler arasındaki fark bir örnek hariç (UV9) istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $p > 0,05$ ). Şekil 4.23'te farklı dozlarda UV-C uygulanmış çiğ sütlerin 6 Nanoik asit (C9:1), Miristoleik asit (C14:1), Metil 12 metilteradekanoat asit (C14:1) ve Palmitoleik asit (C16:1) miktarlarındaki ortalama değişim verilmiştir.



Şekil 4.23. Farklı dozlarda UV-C uygulanmış çiğ sütlerin 6 Nanoik asit (C9:1), Miristoleik asit (C14:1), Metil 12 metilteradekanoat asit (C14:1) ve Palmitoleik asit (C16:1) miktarlarındaki ortalama değişim

Şekil 4.23'te de görüldüğü gibi genel olarak UV-C uygulanmış örneklerin C9:1 oranlarında azalma olduğu görülmektedir. En düşük C9:1 oranı % 0,092 olarak 216,9 J/mL doz UV-C uygulamasında, en yüksek C9:1 oranı ortalama % 0,256 olarak 90 J/mL doz UV-C uygulamasında belirlenmiştir.

14 karbonlu doymamış yağ asitlerinden biri olan miristoleik asit (C14:1) oranları işlem görmemiş çiğ sütte % 1,137, pastörize sütte % 1,127 olarak tespit edilmiştir. Farklı dozlarda UV-C ışına maruz bırakılan sütlerin C14:1 oranları % 0,109-1,265 arasında bulunmuştur.

Sonuçlar incelendiğinde UV-C işlemi sonrası C14:1 oranlarında azalma olduğu görülmüştür. Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre UV-C ışın uygulanmış sütlerin C14:1 oranları üzerine akış hızının etkili olduğu tespit edilmiştir ( $p < 0,05$ ). Akış hızı azaldıkça (uygulanan doz arttıkça) C14:1 oranlarında artış olduğu tespit edilmiştir. En düşük C14:1 oranı % 0,109 olarak 60 J/mL doz UV-C uygulamasında, en yüksek C14:1 oranı % 1,289 olarak 135,4 J/mL doz UV-C uygulamasında bulunmuştur.

UV-C'nin ve pastörizasyonun çiğ süte ayrı ayrı ve birlikte uygulandığı bir çalışmada çiğ sütte C14:1 % 1,0 oranında, UV-C uygulanmış sütte ise % 0,70 oranında tespit edildiği rapor edilmiştir (Cilliers vd., 2014).

Matak vd. (2007), keçi sütüne UV-C uyguladıkları bir çalışma sonucunda UV-C uygulamasının C14:1 miktarında değişikliğe neden olmadığını rapor etmişlerdir.

Martins vd. (2016), yapmış oldukları çalışmada farklı yem formülasyonlarının inek sütünün kimyasal kompozisyonu üzerine etkisini incelemişlerdir. C14:1 oranı % 1,25-1,58 aralığında bulunmuştur.

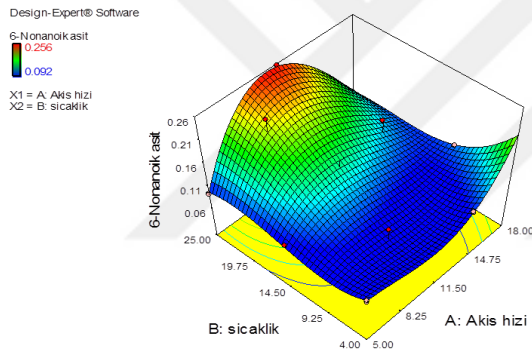
Çalışma sonuçları Cilliers vd. (2014), Matak vd. (2007) ve Martins vd. (2016) tarafından gerçekleştirilen araştırma sonuçları ile uyumludur.

Metil 12-metil teradekanoat asit oranları işlem görmemiş çiğ süt için % 0,875, pastörize süt için % 0,603, UV-C uygulanmış çiğ süt örnekleri için ise % 0,252-0,410 arasında bulunmuştur. Sonuçlar incelendiğinde negatif kontrol (işlem görmemiş çiğ süt) örneğine göre tüm uygulamalarda metil 12-metil teradekanoat asit oranlarında azalma olduğu görülmüş, negatif kontrol ile UV-C ışın uygulanmış örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Genel olarak UV-C ışın uygulanmış sütlerde metil 12-metil teradekanoat asit oranlarının düşük seviyelerde olduğu görülmektedir. En düşük metil 12-metil teradekanoat asit oranı % 0,252 olarak 60 J/mL doz UV-C uygulamasında, en yüksek metil 12-metil teradekanoat asit oranı % 0,410 olarak 72 J/mL doz UV-C uygulamasında tespit edilmiştir.

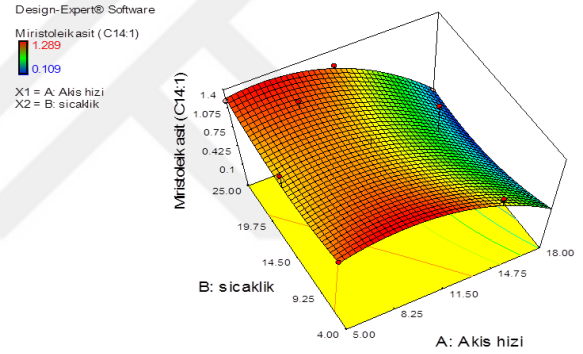
Süt örneklerinin palmitoleik asit (C16:1) oranları işlem görmemiş çiğ süt için % 0,785, pastörize süt için % 0,740, farklı dozlarda UV-C ışın uygulanmış çiğ süt örneklerinde % 0,502-1,708 aralığında bulunmuştur. Duncan çoklu karşılaştırma testlerine göre işlem görmemiş çiğ süt örneği ile UV-C uygulanmış süt örnekleri arasındaki (72 J/mL doz UV-C ve

216,9 J/mL doz UV-C uygulamaları hariç) fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0,05$ ). UV-C uygulanmış süt örneklerinin C16:1 oranları üzerine akış hızının etkili olduğu görülmektedir. Akış hızı arttıkça C16:1 oranı da artmaktadır. En düşük C16:1 oranı % 0,502 olarak 135,4 J/mL doz UV-C uygulamasında, en yüksek C16:1 oranı % 1,708 olarak 60 J/mL doz UV-C uygulamasında tespit edilmiştir. Matak vd. (2007), yapmış oldukları çalışmada keçi sütüne UV-C uygulamışlar ve yağ asidi kompozisyonundaki değişimi incelemişlerdir. İşlem görmemiş sütte % 0,88, UV-C uygulanmış sütte % 0,87 oranında palmitoleik asit bulunduğunu ve UV-C uygulamasının palmitoleik asit miktarında değişikliğe neden olmadığını bildirmişlerdir.

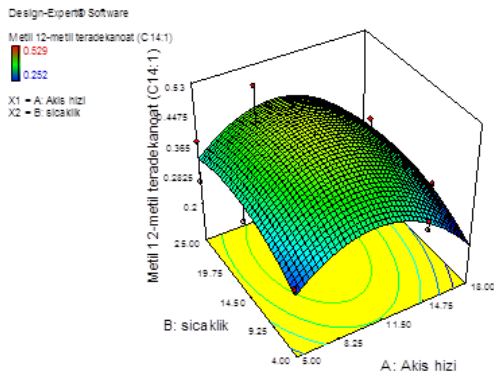
Farklı akış hızı (doz) ve farklı sıcaklıklarda UV-C uygulanmış sütlerin 6 Nanoik asit (C9:1), Miristoleik asit (C14:1), Metil 12 metilteradekanoat asit (C14:1) ve Palmitoleik asit (C16:1) miktarlarındaki değişim Şekil 4.24'te verilmiştir.



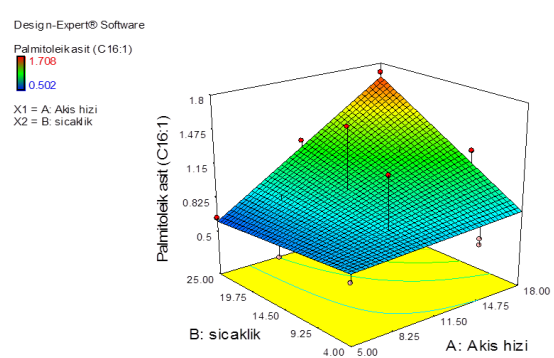
**A: 6 Nanoik asit (C9:1)**



**B: Miristoleik asit (C14:1)**



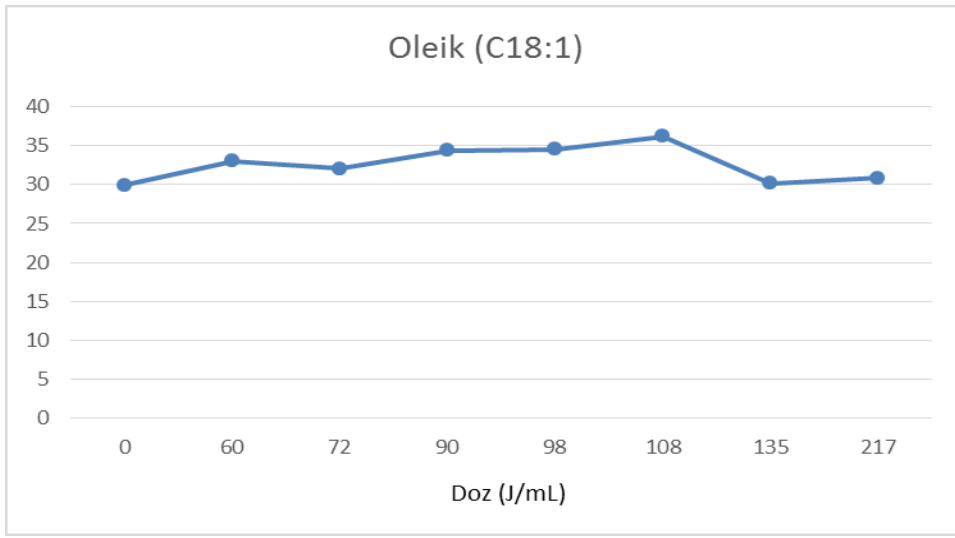
**C: Metil 12 metilteradekanoat asit (C14:1)**



**D: Palmitoleik asit (C16:1)**

Şekil 4.24. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış çığ sütlerin 6 Nanoik asit (C9:1), Miristoleik asit (C14:1), Metil 12 metilteradekanoat asit (C14:1) ve Palmitoleik asit (C16:1) miktarlarındaki değişim

Majör bileşenlerden biri olan oleik asit (C18:1) miktarları incelendiğinde işlem görmemiş çiğ sütte % 29,959, pastörize sütte % 32,883 oranında bulunmuştur. Farklı akış hızı ve farklı sıcaklıklarda UV-C ışın uygulanmış çiğ sütlerin C18:1 miktarları % 28,405-36,201 arasında değişmektedir. Genel olarak UV3a ve UV3b olmak üzere iki grup hariç diğer tüm gruplarda UV-C ışın uygulamasının C18:1 oranını arttırdığı görülmüştür. Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre negatif kontrol (işlem görmemiş çiğ süt) ile UV3a, UV3b, UV4 hariç tüm gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Şekil 4.25'te farklı dozlarda UV-C uygulanmış çiğ sütlerin C18:1 miktarlarındaki ortalama değişim verilmiştir.



Şekil 4.25. Farklı dozlarda UV-C uygulanmış çiğ sütlerin C18:1 miktarlarındaki ortalama değişim

Şekil 4.25'te görüldüğü gibi farklı dozlarda uygulanan UV-C'nin C18:1 üzerine etkisinin olduğu ve artırdığı, 135,4 ve 216,9 J/mL doz UV-C uygulama da yeniden düşüş olduğu belirlenmiştir. Sıcaklığın C18:1 oranındaki değişim üzerinde etkili olduğu bulunmuştur. En düşük C18:1 oranı % 28,705 olarak 216,9 J/mL doz UV-C uygulamasında, en yüksek C18:1 oranı % 36,201 olarak 107,8 J/mL doz UV-C uygulamasında tespit edilmiştir.

C18:1 miktarı üzerine UV-C'nin tek başına ve pastörizasyon işlemi ile birlikte uygulanmasının etkinliğinin araştırıldığı bir çalışma verilerine göre işlem görmemiş sütte C18:1 oranı 23,01-23,70 mg/g, işlem görmüş süt örneklerinde 22,75-25,30 mg/g aralığında tespit edilmiştir. UV-C'nin tek uygulandığı süt örneklerinde C18:1 miktarında bir artış

olduğu, bu artışın istatistiksel olarak önemli olmadığı belirtilmiştir (Cappozzo, Koutchma ve Barnes, 2015).

Cilliers vd. (2014), UV-C uygulamasının çiğ sütte C18:1 miktarını % 17,50 oranından % 19,10 oranına arttırdığını rapor etmişlerdir.

Benzer başka bir araştırmada C18:1 kontrol örneğinde % 20,75 oranında, işlem görmüş süt örneklerinde ise % 20,81-21,12 aralığında tespit edilmiştir. UV uygulamasının C18:1 miktarında oransal olarak bir artışa neden olduğu fakat bu artışın istatistiksel olarak önemli olmadığı bildirilmiştir (Kharitonov, Sherstneva, Kharitonov, Yurova ve Kurchenko, 2019).

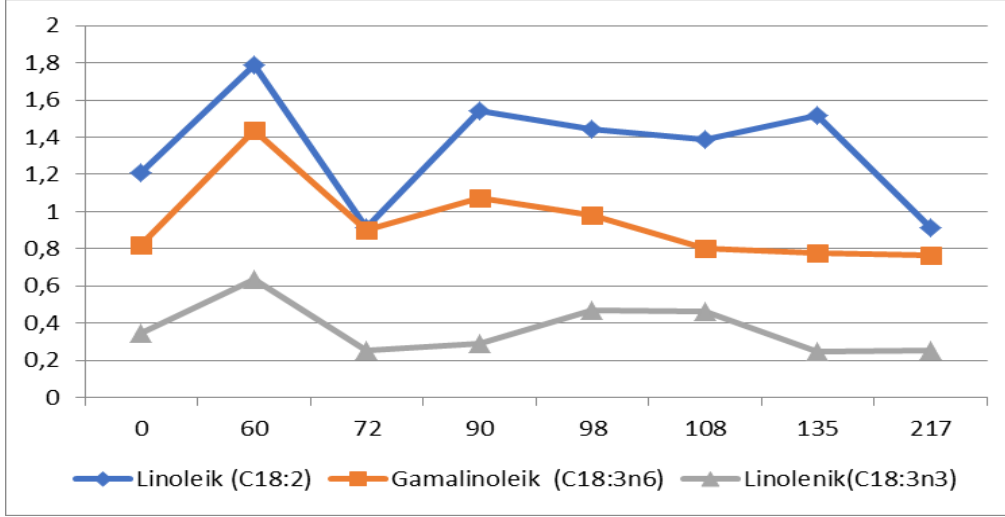
Matak vd. (2007), yapmış oldukları çalışmada işlem görmemiş keçi sütünde % 18,63 oranında, UV-C uygulanmış keçi sütünde % 18,68 oranında C18:1 miktarı bulunduğunu, UV-C uygulamasının C18:1 miktarında önemli bir artışa neden olmadığını belirtmişlerdir.

Saman ve silaj gibi kaba yem kaynağına bağlı olarak farklı diyetlerle beslenen inek ve mandalardan elde edilen sütlerin yağ asidi kompozisyonlarındaki değişimin incelendiği bir çalışmada inek sütlerinin C18:1 miktarları % 16,34-33,23 oranında tespit edilmiştir (Penchev, Ilieva, Ivanona ve Kalev, 2016).

Çalışma sonucunda; yukarıda bildirilen araştırma sonuçlarından farklı olarak uygulanan ışın dozuna bağlı olarak C18:1 miktarında oransal bir artış meydana geldiği tespit edilmiştir.

Süt örneklerinin linoleik asit (C18:2) oranları işlem görmemiş çiğ sütte % 1,209, pastörize sütte % 1,737 farklı dozlarda UV-C uygulanmış süt örneklerinde % 0,790- 2,007 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Şekil 4.26'da farklı dozlarda UV-C uygulanmış çiğ sütlerin Linoleik asit (C18:2), Gama-linolenik asit (C18:3n6) ve Linolenik asit (C18:3n3) miktarlarındaki değişim verilmiştir.





Şekil 4.26. Farklı dozlarda UV-C uygulanmış çiğ sütlerin Linoleik asit (C18:2), Gama-linolenik asit (C18:3n6) ve Linolenik asit (C18:3n3) miktarlarındaki ortalama değişim

C18:2 oranındaki değişim üzerine akış hızı etkili olduğu ( $p < 0,05$ ), aynı akış hızında farklı sıcaklıklarda UV-C uygulanan gruplar içinde 60 J/mL doz UV-C uygulaması dışındaki gruplar arası farkın istatistiksel olarak önemsiz olduğu tespit edilmiştir ( $p > 0,05$ ). Bu sonuçlara göre akış hızının C18:2 asit üzerine etkili bir parametre olduğu söylenebilir. En düşük C18:2 oranı % 0,790 olarak 216,9 J/mL doz UV-C uygulamasında, en yüksek C18:2 oranı % 2,007 olarak 60 J/mL doz UV-C uygulamasında tespit edilmiştir. Akış hızı azaldıkça yani uygulanan ışın dozu arttıkça C18:2 oranlarında da azalma olduğu belirlenmiştir.

Kharitonov, Sherstneva, Kharitonov, Yurova ve Kurchenko, (2019), yapmış oldukları çalışmada UV ışın uyguladıkları sütte yağ asidi kompozisyonundaki değişimi incelemişlerdir. Çiğ sütte C18:2 oranı % 3,37 oranında, işlem görmüş sütlerde ise % 3,23-3,47 olarak bulunduğunu, UV uygulamasının C18:2 üzerine etkisinin önemsiz olduğunu rapor etmişlerdir.

Keçi sütüne UV-C uygulanan benzer bir çalışmada UV-C uygulamasının keçi sütünde C18:2 miktarı üzerine etkisi olmadığı bildirilmiştir (Matak vd., 2007).

Penchev, Ilieva, Ivanona ve Kalev, (2016), yapmış oldukları çalışma sonucunda farklı kaba yem kaynakları ile beslenen ineklerin sütlerinde % 1,63-6,15 oranında C18:2 olduğunu tespit etmişlerdir.

Süt örneklerinin Gama-linolenik (C18:3n6) asit oranları işlem görmemiş çiğ sütte % 0,821 pastörize sütte % 0,950 ve farklı dozlarda UV-C uygulanmış süt örneklerinde % 0,721-1,177 arasında değiştiği tespit edilmiştir. C18:3n6 asit oranındaki değişim üzerine akış hızı

etkili olmuştur. C18:3n6 asit oranlarındaki değişim üzerine sıcaklığın etkisi olmadığı, değişimden sorumlu faktörün akış hızı olduğu tespit edilmiştir. Akış hızı arttıkça C18:3n6 oranlarında artış olduğu belirlenmiştir. En düşük C18:3n6 oranı % 0,721 olarak 216,9 J/mL doz UV-C uygulamasında, en yüksek gama-linolenik asit oranı % 1,177 olarak 60 J/mL doz UV-C uygulamasında tespit edilmiştir.

Matak vd. (2007), yapmış oldukları araştırmada keçi sütüne UV-C uygulamışlardır. Çalışma sonucunda çiğ sütte ve UV-C uygulanmış sütte C18:3n6 % 0,05 oranında tespit edilmiş, UV-C uygulamasının C18:3n6 miktarında değişikliğe neden olmadığı rapor edilmiştir.

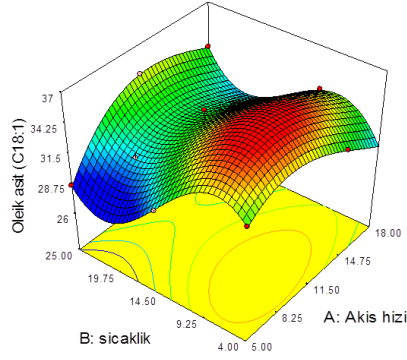
Süt örneklerinin linolenik asit (C18:3n3) oranları işlem görmemiş çiğ sütte % 0,343 pastörize sütte % 0,211 ve farklı dozlarda UV-C uygulanmış süt örneklerinde % 0,193- 0,652 arasında olduğu görülmüştür. 216,9 J/mL doz UV-C uygulaması dışındaki aynı akış hızında farklı sıcaklıklarda UV-C uygulanan gruplar arası farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir ( $p>0,05$ ). Duncan test sonuçlarına göre C18:3n3 oranındaki değişim üzerine etkili birinci faktörün akış hızı olduğu belirlenmiştir. Farklı akış hızı (doz) ve farklı sıcaklıklarda UV-C uygulanmış sütlerin Oleik asit (C18:1), Linoleik asit (C18:2), Gama-linolenik asit (C18:3n6) ve Linolenik asit (C18:3n3) miktarlarındaki değişim Şekil 4.27'de verilmiştir.

Design-Expert® Software

Oleik asit (C18:1)

38.201  
28.705

X1 = A: Akis hizi  
X2 = B: sicaklik

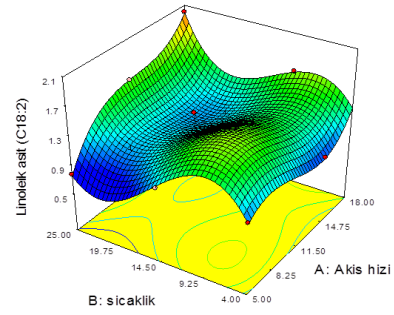


Design-Expert® Software

Linoleik asit (C18:2)

2.007  
0.79

X1 = A: Akis hizi  
X2 = B: sicaklik



**A: Oleik asit (C18:1)**

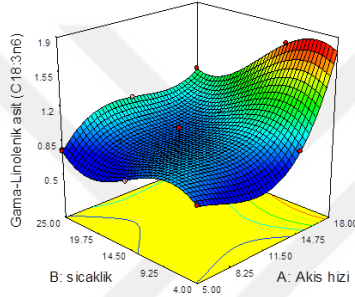
**B: Linoleik asit (C18:2)**

Design-Expert® Software

Gama-Linolenik asit (C18:3n6)

1.712  
0.721

X1 = A: Akis hizi  
X2 = B: sicaklik

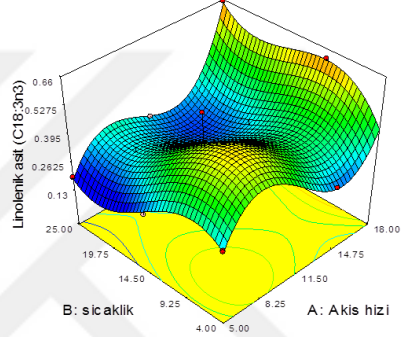


Design-Expert® Software

Linolenik asit (C18:3n3)

0.652  
0.193

X1 = A: Akis hizi  
X2 = B: sicaklik



**C: Gama-linolenik asit (C18:3n6)**

**D: Linolenik asit (C18:3n3)**

Şekil 4.27. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış çiğ sütlerin Oleik asit (C18:1), Linoleik asit (C18:2), Gama-linolenik asit (C18:3n6) ve Linolenik asit (C18:3n3) miktarlarındaki değişim

Cilliers vd. (2014), UV-C'nin sütün kimyasal kompozisyonu üzerine etkilerini inceledikleri bir çalışmada UV-C uygulamasının C18:3n3 miktarlarında değişime neden olmadığını tespit etmişlerdir. Benzer bir çalışmada keçi sütüne UV-C uygulanmış ve kimyasal kompozisyonu incelenmiştir. Araştırma sonucunda kontrol örneği ile işlem görmüş süt örneğinin C18:3n3 miktarı % 0,30 olarak bulunmuş ve örnekler arasında linolenik asit miktarı için anlamlı bir değişiklik olmadığı bildirilmiştir (Matak vd., 2007). Penchev, Ilieva, Ivanona ve Kalev, (2016), yem kaynağının yağ asidi kompozisyonu üzerine etkisini incelemişler inek sütü örneklerinde % 0,24-0,51 aralığında C18:3n3 miktarı olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmada bulunan sonuçlar, Cilliers vd. (2014), Matak vd., (2007) ve Penchev, Ilieva, Ivanona ve Kalev, (2016) 'in buldukları sonuçlar ile benzerlik göstermektedir.

#### 4.2.5. UV-C'nin Sütün Oksidatif Aroma Bileşenleri Üzerine Etkisi

UV ışın uygulamasının gıdalarda yağ ve protein oksidasyonuna neden olduğu bilinmektedir (Koca, Saatli ve Urgan, 2018). Fotooksidasyon özellikle çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyonunu hızlandırmaktadır. Fotosentetik oksidasyon, esterler, eterler ve aldehitler gibi düşük moleküler ağırlıklı bileşiklerden oksitlenmiş triasilgliserollere ve polimerlere kadar moleküler ağırlıkta önemli ölçüde farklılık gösteren hidrojen peroksitlerin ve ikincil oksidasyon ürünlerinin üretilmesine yol açmaktadır (Martysiak-Żurowska vd., 2017).

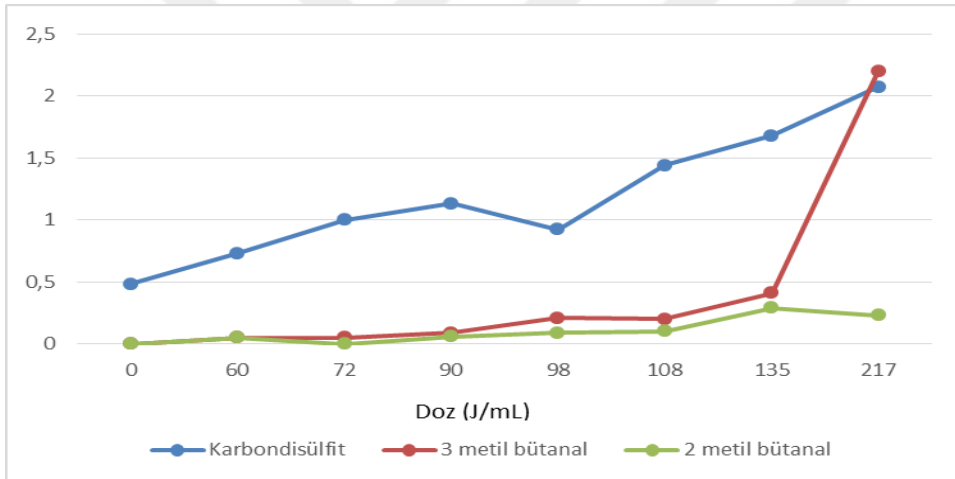
Çizelge 4.8'de farklı dozlarda UV-C uygulanmış ve uygulanmamış çiğ sütün oksidatif aroma bileşenleri sonuçları (%) verilmiştir. Çizelgede de görüldüğü gibi uygulanan doz miktarı arttıkça karbon disülfid oranında artışa neden olmuştur. 135,5 J/mL lik UV dozunda ise izobütil aldehit, 2N propil 5 oksoheksanal, 2,3,5,6 tetra-kloro-fenil metil sülfoksit ve 2-metil pentanal gibi yeni aroma bileşenlerinin oluştuğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.8. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış ve uygulanmamış çiğ sütlerin oksidatif aroma bileşenleri sonuçları (%)

DOZ (J/mL)	Sıcaklık (°C)	Karbon disülfid	3-metil bütanal	2-metil bütanal	İzo bütiraldehit	2-N-propil-5-oksoheksanal	2,3,5,6 tetra-kloro-fenil metil sülfoksit	2-metil pentanal
0 (Çiğ)		0,48±0,09i	-*	-	-	-	-	-
0 (Pastörize)		0,59±0,10i	-	-	-	-	-	-
60	25	0,82±0,02h	0,07±0,02gh	0,04±0,03cd	-	-	-	-
	25	0,80±0,06h	0,05±0,05gh	0,05±0,09cd	-	-	-	-
	11	0,66±0,07i	0,06±0,09gh	-	-	-	-	-
	11	0,66±0,02i	0,03±0,05gh	-	-	-	-	-
72	17	1,03±0,03f	0,05±0,07gh	-	-	-	-	-
	4	1,00±0,05fg	-	-	-	-	-	-
	4	0,98±0,02fg	-	-	-	-	-	-
90	25	1,13±0,03e	0,09±0,09g	0,06±0,11cd	-	-	-	-
97,4	16	0,92±0,07g	0,21±0,03f	0,09±0,08c	-	-	-	-
107,8	8	1,44±0,12d	0,20±0,05f	0,10±0,05c	-	-	-	-
135,4	21	1,68±0,11c	0,41±0,03e	0,29±0,07a	0,07	0,02	-	0,05
216,9	25	2,21±0,09a	2,18±0,14c	0,26±0,12ab	-	-	1,73	-
	25	2,18±0,09a	2,10±0,12d	0,23±0,02ab	-	-	1,68	-
	15	1,82±0,15b	2,34±0,03b	0,20±0,12b	-	-	-	-
	4	1,53±0,08d	3,03±0,07a	0,25±0,05ab	-	-	-	-
	4	1,50±0,09d	3,00±0,10a	0,25±0,02ab	-	-	-	-

\*Aynı sütündeki farklı harfler istatistiksel farkı belirtmektedir ( $p < 0,05$ ). ±: Standart sapma

Süt örneklerinin oksidatif aroma profili analizlerinde, UV-C uygulanmış ve uygulanmamış örneklerin tamamında karbon disülfid bileşeni olduğu tespit edilmiştir. Çiğ sütte % 0,48, pastörize sütte % 0,59 farklı dozlarda UV-C uygulanmış süt örneklerinde ise % 0,66-2,21 aralığında karbon disülfid belirlenmiştir. En düşük karbon disülfid değeri 60 J/mL doz UV-C uygulamasında, en yüksek disülfid değeri ise 216,9 J/mL doz UV-C uygulamasında tespit edilmiştir. Uygulanan ışın dozu arttıkça Karbon disülfid bileşen miktarında artış olduğu görülmektedir. Karbon disülfid genellikle serbest sistin ve sistein aminoasitlerinin parçalanması sonucu açığa çıkan bir bileşendir (Belitz, Grosh ve Schieberle, 2009). Sütte yumurtamsı aromanın gelişmesine neden olmaktadır (Jo, Carter, Barbano ve Drake, 2019). Bu nedenle oluşması istenmeyen aroma bileşenlerinden biridir. Farklı dozlarda UV-C uygulamanın sütte karbondisülfid, 3 metil bütanal ve 2 metil bütanal oranına etkisi Şekil 4.28’de verilmiştir.



Şekil 4.28. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulamanın sütte karbondisülfid, 3 metil bütanal ve 2 metil bütanal oranına etkisi

Diğer bir aroma bileşeni olan 3 metil bütanal, süt örneklerinde UV-C uygulaması sonrasında olduğu tespit edilmiştir. Çiğ süt ve pastörize sütte tespit edilemeyen bu bileşen UV-C uygulaması sonrasında UV8a ve UV8b kodlu (72 J/mL doz UV-C) örnekler dışında tüm örneklerde % 0,03-3,03 aralığında tespit edilmiştir. Süt örneklerinde UV-C uygulaması sonrasında oluşan 3. aroma bileşeni olan 2-metil bütanal olduğu tespit edilmiştir. Çiğ süt ve pastörize sütte tespit edilemeyen bu bileşen UV-C uygulaması sonrasında 60 ve 72 J/mL doz UV-C uygulamalarının bazılarında tespit edilmemiş fakat bu iki doz dışındaki tüm uygulamalarda tespit edilmiştir. En düşük 2-metil bütanal % 0,04 olarak 60 J/mL doz UV-C

uygulanmasında, en yüksek 2-metil bütanal % 0,29 olarak 135,4 J/mL doz UV-C uygulanmasında tespit edilmiştir.

3-metil bütanal serbest valin ve lösin, 2-metil bütanal ise serbest lösin ve izolösin aminoasitlerinin parçalanması sonucunda açığa çıkan aromatik bileşenler olup, bu bileşenlerin ortaya çıkmasında lipid oksidasyonunun ve aminoasit degradasyonunun etkili olduğu düşünülmektedir. Açığa çıkan bu bileşenler acı ve maltımsı aroma gelişiminden sorumludur (Decker, Elias ve McClements, 2010; Reineccius, 2006).

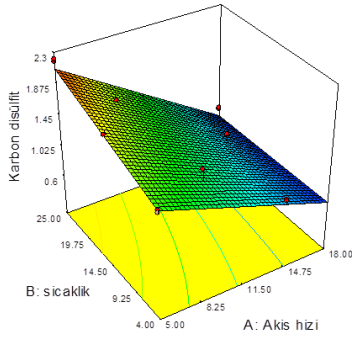
Bu 3 bileşen haricinde kontrol örneklerinde bulunmayan ancak ışınlama ile oluşan aroma bileşenlerinden; 135 J/mL UV-C dozunda % 0,07 izobütiraldehit, % 0,02 2N-propil 5 oksoheksanal ve % 0,05 2 metil pentanal oluştuğu, benzer şekilde 217 J/mL dozda ise % 1,68-1,73 aralığında 2,3,5,6 tetra klorofil metil sülfoksit oluştuğu belirlenmiştir.

Meydana gelen bu bileşikler oksidatif aroma bileşenleri olduğundan ürünün duyuşal özellikleri üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Uygulanan işlem parametrelerine bağılı olarak; süt yağıının oksidasyonu, laktozun oksidasyonu, Maillard reaksiyonu ve/veya protein denatürasyonu gibi farklı tepkimeler neticesinde söz konusu bileşenlerin açığa çıktığı düşünülmektedir. Sonuçlar duyuşal panel sonuçları ile uyumludur. İşlem görmüş süt örnekleri duyuşal değerlendirme parametrelerinde kontrol örneklerinden düşük puan almışlardır. Daha sonra panelistlerle yapılan görüşmede özellikle yüksek dozda ışın uygulanmış süt örneklerinde okside, acı bir tat ve yanık kokusunun şiddetli bir şekilde hissedildiğı belirtilmiştir.

Şekil 4.29'da farklı sıcaklık ve farklı akış hızında UV-C uygulanmış çiğ sütlerin karbon disülfid, 3-metil bütanal ve 2-metil bütanal değerlerindeki değışim verilmiştir.

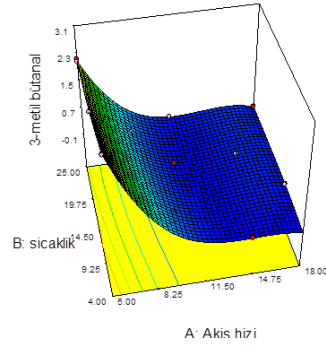
Şekil 4.29 incelendiğinde karbon disülfid, 3-metil bütanal ve 2-metil bütanal bileşenlerinin değışiminde akış hızının etkili olduğı görülmektedir.

Design-Expert® Software  
Karbon disülfid  
2.21  
0.66  
X1 = A: Akis hızı  
X2 = B: sıcaklık



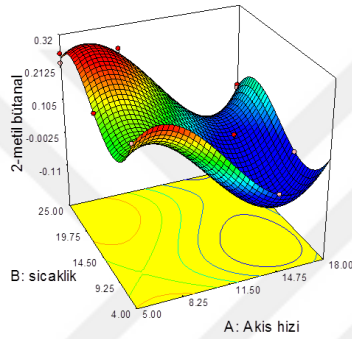
**A: Karbondisülfid**

Design-Expert® Software  
3-metil bütanal  
3.03  
0  
X1 = A: Akis hızı  
X2 = B: sıcaklık



**B: 3-metil bütanal**

Design-Expert® Software  
2-metil bütanal  
0.29  
0  
X1 = A: Akis hızı  
X2 = B: sıcaklık



**C: 2-metil bütanal**

Şekil 4.29. Farklı sıcaklık ve farklı akış hızında UV-C uygulanmış çiğ sütlerin karbon disülfid, 3-metil bütanal ve 2-metil bütanal değerlerindeki değişim

Matak vd. (2007), yapmış oldukları çalışmada UV-C uygulamasının keçi sütünün kimyasal ve duyuşal özellikleri üzerine etkisini incelemişlerdir. 1,3 mJ/cm<sup>2</sup> UV dozundan sonraki dozlarda pentanal, heksanal ve heptanal (çiğ keçi sütüne göre) konsantrasyonunda bir artış olduğu tespit edilmiştir.

Bir başka çalışmada ise çiğ süte UV uygulamasıyla heksanal, (E,Z)-2,6-nonadienal, etil heksanoat ve 2-nonanon gibi aroma maddelerinin yoğunluklarında artış olduğu tespit edilmiştir (Engin, 2009).

Yüksek hidrostatik basınç (HHP) ve UV-C ile işlenmiş çiğ sütün mikrobiyolojik ve fizikokimyasal özelliklerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada aldehitler, alkoller, alifatik hidrokarbonlar, esterler ve ketonların miktarları UV-C ile muamele edilmiş örneklerde HHP ile muamele edilmiş örneklere göre daha yüksek olduğu özellikle, UV-C ile muamele edilmiş



örneklerde 1-heksanol, 1-tetradekanol, 1-hepten, 3-metilfenol ve 2-metilsiklopentanon bileşiklerinin karakterize edildiği rapor edilmiştir (Hu, Zheng, Liu ve Deng, 2017). Çalışmada bulunan değerler yukarıda belirtilen Matak vd. (2007) ve Engin (2009)'nin sonuçları ile benzerlik gösterirken Hu, Zheng, Liu ve Deng (2017)'nin sonuçlarından farklı bulunmuştur.

### 4.3. UV-C'nin Sütün Duyusal Özellikleri Üzerine Etkisi

Farklı dozlarda UV-C uygulanmış ve uygulanmamış çiğ süt örneklerinin duyusal özellikleri Çizelge 4.9'da verilmiştir.

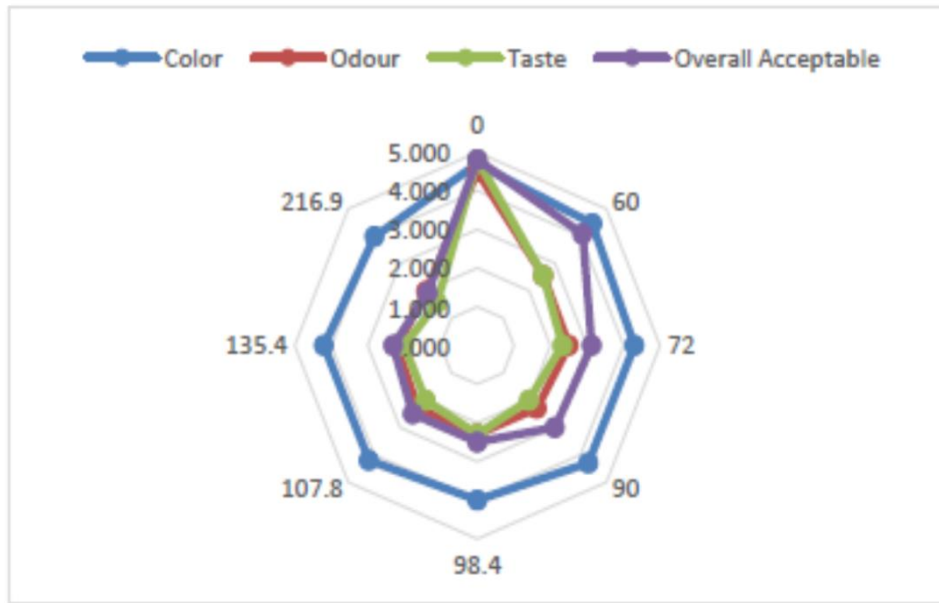
Çizelge 4.9. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış ve uygulanmamış çiğ süt örneklerinin duyusal özellikleri

Uygulama	Doz (J/mL)	Renk	Koku	Lezzet	Genel Beğeni
PK <sub>(Past. Süt)</sub>	0	4,7±0,16a	4,5±0,58a	4,8±0,52a	4,8±0,45a
UV11a <sub>(18ml/dk-25 °C)</sub>	60	4,4±0,46a	2,8±0,81b	2,5±0,57b	4±0,43abc
UV11b <sub>(18ml/dk-25 °C)</sub>		4,4±0,43a	2,9±0,74b	2,5±0,57b	4,2±0,32ab
UV10a <sub>(18ml/dk-11 °C)</sub>		4,5±0,58	2,8±0,63b	2,5±0,41b	4±0,28abc
UV10b <sub>(18ml/dk-11 °C)</sub>		4,5±0,58a	3±0,56b	2,7±0,30b	4,1±0,35abc
UV9 <sub>(15ml/dk-17 °C)</sub>	72	4,3±0,31a	2,5±0,57b	2,3±0,35b	3,2±0,23bcd
UV8a <sub>(15ml/dk-4 °C)</sub>		4,3±0,32a	2,5±0,57b	2,2±0,34b	3,1±0,012bcd
UV8b <sub>(15ml/dk-4 °C)</sub>		4,3±0,23a	2,5±0,54b	2,2±0,33b	3,1±0,15bcd
UV7 <sub>(12ml/dk-25 °C)</sub>	90	4,3±0,17a	2,3±0,12b	2±0,16b	3±0,25cd
UV6 <sub>(11ml/dk-16 °C)</sub>	98,4	4±0,09a	2,3±0,34b	2,3±0,28b	2,5 ±0,36de
UV5 <sub>(10ml/dk-8 °C)</sub>	107,8	4,2±0,23a	2,3±0,25b	2±0,15b	2,5±0,18de
UV4 <sub>(8ml/dk-21 °C)</sub>	135,4	4,2±0,31a	2,2±0,23b	2±0,26b	2,3±0,34de
UV3a <sub>(5ml/dk-25 °C)</sub>	216,9	3,9±0,041a	2±0,15b	1,6±0,31b	2±0,52de
UV3b <sub>(5ml/dk-25 °C)</sub>		4±0,23a	1,9±0,12b	1,6±0,25b	2±0,44de
UV2 <sub>(5ml/dk-15 °C)</sub>		4±0,27a	2±0,13b	1,6±0,28b	2±0,31de
UV1a <sub>(5ml/dk-4 °C)</sub>		4±0,11a	2±0,18b	1,5±0,19b	1,8±0,24e
UV1b <sub>(5ml/dk-4 °C)</sub>		4±0,23a	2±0,19b	1,5±0,21b	1,8±0,27e

\*Aynı sütündeki farklı harfler istatistiksel farkı belirtmektedir ( $p < 0,05$ ). ±: Standart sapma

Duyusal testte panelistlerin süt ürünlerine tadım yapabilmeleri için Negatif kontrol (işlem görmemiş çiğ süt) ve farklı dozlarda UV-C ışına maruz bırakılmış çiğ süt örneklere 90 °C’ de 15 dk. ısıtma maruz bırakılarak pastörize edilmiştir. Duyusal testte panelistlerin örneklere renk, koku, lezzet ve genel beğeni durumlarına göre 5 üzerinden puanlamaları istenmiştir.

Çizelge 4.9 incelendiğinde renk, koku, lezzet ve genel beğeni açısından en çok beğenilen pastörize süt olarak belirlenirken, uygulanan UV-C dozu arttıkça panelistlerin bu kriterlerdeki verdikleri puan dşmştir. Düşük dozlardaki puanların kontrol örneklere yakın olmakla birlikte tat ve kokuda düşük dozlardaki örneklere düşük puan almıştır. Panelere ait örümcek ağı grafiği Şekil 4.31’de verilmiştir.



Şekil 4.30. Kontrol ve UV-C uygulanmış sütlere ait duyusal analiz sonuçları

Gıdanın tüketiciler tarafından değerlendirmesinde ilk etken gıdanın görünüşü ve rengidir. Çiğ sütlerin renk değerlendirmeleri incelendiğinde puanların 4,7-3,9 arasında olduğu grlmştir. Grafik incelendiğinde renk değerlerindeki değişim üzerinde etkili tek faktörün akış hızı olduğu görülmektedir.

Süt örneklere koku değerlendirmeleri incelendiğinde puanların 4,5-1,9 arasında değiştiği grlmştir. Çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre kontrol grubu ile UV-C uygulanmış sütler arasındaki fark anlamlı ( $p < 0,05$ ) bulunurken farklı dozlarda UV-C

uygulanmış gruplar arasındaki fark istatistiksel anlamda önemsiz bulunmuştur ( $p>0,05$ ). Bu sonuçlar UV-C uygulaması ile sütün kokusunda değişimin olduğunun göstergesidir.

Koku değerlerindeki değişim üzerinde etkili tek faktörün akış hızı olduğu görülmektedir. En yüksek koku puanı 2,9 olarak 60 J/mL doz UV-C uygulanmış örnekte, en düşük koku puanı 1,9 olarak 216,9 J/mL doz UV-C uygulanmış örnekte tespit edilmiştir. Özellikle uygulanan ışın dozuna bağlı olarak artan sülfürlü bileşenler süt örneklerinin kokusunu olumsuz yönde etkilemiştir.

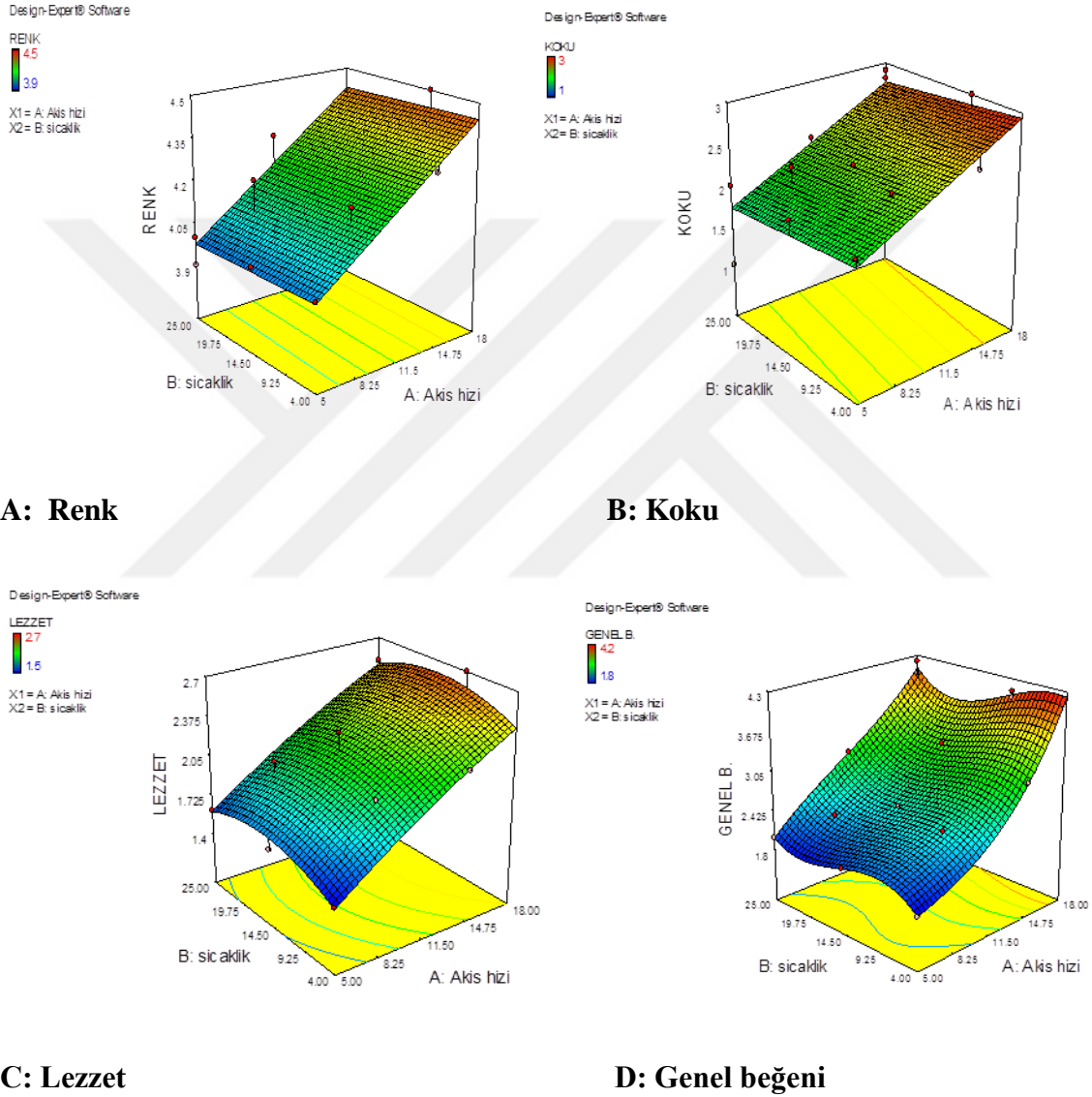
Bandla, Choudhary, Watson and Haddock, (2012), yapmış oldukları çalışmada çiğ süte 16,822 mJ/cm<sup>2</sup> doz UV-C uygulamışlar ve duyuşal özelliklerindeki değişimi incelemişlerdir. Duyusal test sonucunda uygulamanın hemen sonrasında örneklerin kokularında bir değişim gözlenmezken depolamanın 1. gününden itibaren örneklerin kokularının değiştiği rapor edilmiştir.

Süt örneklerinin lezzet puanları incelendiğinde 1,5-4,8 arasında değiştiği görülmüştür. Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre kontrol grubu ile UV-C uygulanmış sütler arasındaki fark anlamlı ( $p<0,05$ ) bulunurken farklı dozlarda UV-C uygulanmış gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur ( $p>0,05$ ).

Lezzet değerlerindeki değişimi, akış hızının (uygulama dozu) etkilediği söylenebilir. En yüksek lezzet puanı 2,7 olarak 60 J/mL doz UV-C uygulanmış örnekte tespit edilirken en düşük lezzet puanı 1,5 olarak 216,9 J/mL doz UV-C uygulanmış süt örneğinde tespit edilmiştir. Akış hızı arttıkça uygulanan UV-C dozu azalmakta ve süt örneklerinin lezzet puanlarında artış gözlenmektedir. UV-C uygulaması sırasında sütte oksidasyon sonucu açığa çıkan aldehitli bileşikler oksidatif, acı, yanık ve maltımsı bir aroma gelişimine neden olmuşlardır. Bu nedenle işlem görmüş süt örneklerinin lezzet puanları kontrol örneklerine göre daha düşük çıkmıştır. Panelistlerle yapılan görüşmede bazı örneklerde çok yoğun yanık, okside tat ve koku algıladıklarını belirtmişlerdir. Örnek kodları kontrol edildiğinde söz konusu örneklerin yüksek dozda UV-C uygulanmış örnekler olduğu belirlenmiştir.

Süt örneklerinin genel beğeni puanları incelediğinde 1,8-4,8 arasında puanların değiştiği görülmektedir. Kontrol grubu ile 60 J/mL doz UV-C uygulanmış süt örnekleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Bu nedenle duyuşal anlamda kabul gören örneklerin 60 J/mL doz UV-C uygulanmış gruplar olduğu düşünülmektedir. Genel beğeniyi etkileyen faktörün akış hızı olduğu belirlenmiştir. Akış hızı

azaldıkça sütün maruz kaldığı UV-C ışın dozu artmakta, sütün aromasında meydana gelen değişime bağlı olarak genel beğeni puanları düşmektedir. En yüksek genel beğeni puanı 4,2 olarak 60 J/mL doz UV-C uygulamasında, en düşük genel beğeni puanı 1,8 olarak 216,9 J/mL doz UV-C uygulamasında tespit edilmiştir. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış çiğ sütlerin, Renk, Koku, Lezzet ve Genel beğeni değerlerindeki değişim Şekil 4.31’de verilmiştir.



Şekil 4.31. Farklı sıcaklık ve akış hızında UV-C uygulanmış çiğ sütlerin, Renk, Koku, Lezzet ve Genel beğeni değerlerindeki değişim

Yapılan bir çalışmada sığır sütüne UV uygulanmış ve sütün duyuusal değişimi incelenmiştir. UV uygulanmış süt, UV+pastörize süt örneklerine yapılan duyuusal test

sonucuna göre en yüksek oksidatif aroma puanlarının UV uygulanmış süte verildiği bildirilmiştir (Cilliers vd., 2014).

Benzer bir çalışmada çiğ süte 880-1760 J/L doz UV-C uygulanmış ve mikrobiyal inaktivasyona rağmen duyu kusurların meydana geldiği bildirilmiştir. Uygulanan ışın dozu arttıkça, duyu kusurların hissedilme derecesinin arttığı rapor edilmiştir (Rossitto vd., 2012).

Orlowska vd. (2013), farklı emisyon spektrumları, darbe başına enerji ve frekans (HIP-1: 31 J/darbe, 8 Hz; HIP-2: 344 J/darbe 0,75 Hz ve HIP-3: 644 J/darbe, 0,5 Hz) ile UV-C uygulamasının sütün kalite parametreleri üzerine etkisini inceledikleri bir çalışmada, HIP-1 lambası ile muamele edilen örneklerde hafif yanık kokusu tespit etmişlerdir. Bununla birlikte, süte lipitlerin ve vitaminlerin oksidasyonu nedeni ile lezzet kaybı olduğunu bildirmişlerdir.

#### **4.4. Sağım Sistemlerinde UV-C Uygulama Potansiyeli**

Laboratuvar ölçekli yapılan çalışma sonuçları hep birlikte değerlendirildiğinde çiğ süte UV-C uygulaması etkili bir mikrobiyal inaktivasyon sağlarken fizikokimyasal özelliklerde sütün teknolojik olarak işlenmesine engel olacak bir değişime neden olmamıştır. Endüstriyel ölçekli sağım sistemine UV-C'nin entegrasyonu için mikrobiyal inaktivasyon, fizikokimyasal özelliklerdeki değişim ve duyu değerlendirme sonuçları hep birlikte değerlendirilmiştir. Bu nedenle sağım sistemine entegre edilecek UV-C sistemi için gerekli hesaplamalarda duyu olarak kabul edilir olan 18 mL/dk (60 J/mL doz UV-C) akış hızı temel alınmıştır.

Tasarım, aynı anda 12 hayvanın sağıldığı kapasiteye sahip bir sağım sistemi için yapılmıştır. Hayvanların günlük maksimum verimi 30 L, günde iki kere sağım yapıldığı ve ortalama sağım süresinin 10 dk olduğu ve her sağımda elde sağılan süt miktarının 180 L olduğu varsayımı ile süt akış hızı 6,4 L/dk olarak hesaplanmıştır.

Laboratuvar ölçekli yapılan çalışma sonucunda sütün duyu özelliklerinde minimum değişime neden olarak istenilen düzeyde mikrobiyal inaktivasyon sağlayan doz 60 J/mL (18 mL/dk akış hızı) olarak tespit edilmiştir. Sağım sistemine UV-C reaktörün entegre edilmesinde sütün mL başına alması gereken doz 60 J/mL olarak hesaplanmıştır.

$$\text{Doz (J/mL)} = \text{Toplam UV-C çıkış gücü (W)} / \text{Akış Hızı (mL/s)}$$

$$(W = J/s)$$

ise;

$$\text{Toplam UV-C çıkış gücü (W)} = \text{Doz (J/mL)} * \text{Akış Hızı (mL/sn)}$$

$$6,4 \text{ L/dk} = 106,67 \text{ mL/sn}$$

$$\text{Kullanılacak lambanın çıkış gücü} = 100 \text{ W}$$

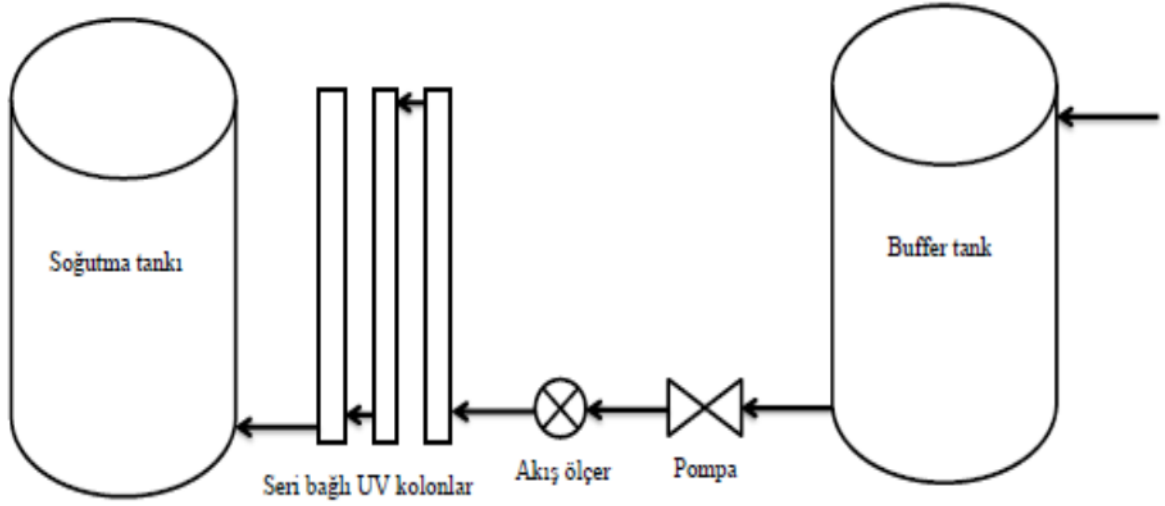
$$\text{Toplam UV-C çıkış gücü (W)} = 60 \text{ (J/mL)} * 106,67 \text{ (mL/ sn)}$$

$$= 6400,2 \text{ W}$$

$$\text{Gerekli olan lamba sayısı} = 6400,2 / 100 = 64$$

6,4 L/dk akış hızında süte istenilen dozun uygulanabilmesi için 64 lambaya ihtiyaç vardır. Bu kadar lambanın kullanılacak olması verimsiz olmasının yanında lamba sayısının fazla oluşu reaktörde aşırı ısınmaya neden olacaktır. Bu sebepten kullanılacak lamba sayısının düşürülmesi için daha düşük bir akış hızı tercih edilmelidir. Akış hızının istenilen şekilde değiştirilebilmesi için sağım sisteminden gelen sütün, önce soğutma sistemine sahip bir buffer tankına alınması ardından bir pompa ve akış ölçerle UV-C sistemine gönderilmesi önerilmektedir. UV-C sisteminden geçen süt, çiftliğin soğutma tankına iletilecektir.

Sütün akış hızı 2,7 L/dk olarak kabul edilirse gerekli olan lamba sayısı 27 adettir. Bir kolon içerisine biri merkezde sekiz adedi çevresinde olmak üzere 9 lambanın bulunduğu 3 UV-C kolonunun seri bağlanması ile 180 L sütün tamamının 66,7 dk'da UV-C ışına maruz bırakılması sağlanmış olacaktır. Sistem Şekil 4.32'de gösterilmiştir.



Şekil 4.32. UV-C sistemin sağım sistemlerine entegrasyonu

Bu çalışmada süt tek bir UV-C lamba etrafından geçirilmiştir. Fakat sağım sistemlerine UV-C'nin uygulanabilmesi için lamba sayısının artırılması ve daha yüksek UV çıkış gücüne sahip lambaların kullanılması gerekmektedir. Sistem tasarımı ile yapılan hesaplamalar kullanılacak lamba sayısı ve kolon içerisinde kaç lamba olacağı hakkında fikir vermektedir. Fakat çoklu lamba yerleşiminde sütün kolon içindeki akış davranışı değişebileceğinden UV-C'nin sütün hem mikrobiyal yükü üzerine hem de fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisi değişebileceği düşünülmektedir. Bu nedenle endüstriyel boyutta UV-C sistemi üzerine çalışma yapmadan önce pilot/laboratuvar ölçekli çoklu lamba içeren UV-C kolonu ile farklı akış hızlarında çalışma yapılması daha belirleyici sonuçlar elde etmek için önerilmektedir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Zengin besin içeriği nedeniyle günlük diyetin vazgeçilmez bir unsuru olan süt, içerdiği yüksek su içeriği ve biyokimyasal yapısı nedeniyle mikrobiyal bozulmaya açık bir üründür. Sütün güvenilirliğini sağlamak için sütte bulunan patojen ve bozucu mikroorganizmaların inhibe edilmesi çok önemlidir. Sağım sistemlerine entegre edilecek UV-C ışın uygulama sistemi sağımdan hemen sonra sütün yapısını bozmadan mikrobiyal yükünün azaltılması ile sütün ileriki aşamada pastörizasyonunda kullanılan sıcaklık ve süre normlarının düşürülmesi, bu sayede hem sütün kendine has besleyici ve aromatik özelliklerinin korunması hem de daha düşük enerji tüketiminin sağlanması konusunda avantaj sağlayacaktır.

Çalışmanın ilk aşamasında; sağımdan hemen sonra alınan çiğ süte farklı dozlarda UV-C uygulanmış ve işlem görmüş sütlerde mikrobiyal kalitenin belirlenmesi amacıyla; TMAB, toplam maya-küf, toplam koliform grubu bakteri, laktik asit bakterileri, *S. aureus* ve *E. coli* sayımları yapılarak mikroorganizma sayılarında azalmaların olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca işlem görmüş sütlerin fizikokimyasal özelliklerindeki değişimin belirlenebilmesi için; pH, titrasyon asitliği, viskozite, renk değerleri (L, a, b ve  $\Delta E$ ), serbest yağ asitliği, kolesterol, D<sub>3</sub> vitamini ve yağ asidi kompozisyonu analizleri yapılmış düşük dozlarda sütün fizikokimyasal özelliklerinde fazla bir değişikliğin olmadığı belirlenmiştir. İkinci aşamada ise UHT süte inoküle edilen patojen bakterilerin (*L. monocytogenes* (ATCC 19115), *S. Typhimurium* (ATCC 14028), *S. aureus* (ATCC 25923), *E. coli* (ATCC 35218)) farklı dozlarda UV-C uygulaması ile inaktivasyonu gerçekleştirilmiştir.

Çiğ süte farklı dozlarda UV-C uygulaması ile çiğ süte TMAB sayısında yaklaşık 2 ile 3 log azalma sağlanmıştır. Çalışmada kullanılan sütün başlangıç yükü 5 log kob/mL düzeyinde bulunmuştur. Toplam maya-küf, toplam koliform grubu bakteri, toplam laktik asit bakterileri, *S. aureus* ve *E. coli* için UV-C uygulamasının; sıcaklıktan bağımsız olarak tüm uygulamalarda mikrobiyal yükleri tespit edilemeyecek düzeye kadar düşürdüğü tespit edilmiştir.

UHT süte inoküle edilen *S. Typhimurium* için 1,95-2,81 log azalma sağlanmıştır. *L. monocytogenes* için tüm ışın dozlarında yaklaşık 3 log azalma sağlanmıştır. UHT süte inoküle edilen yaklaşık 4 log *S. aureus* için UV-C uygulaması sonrası mikrobiyal yükte 1,9-2,76 log azalma olduğu ve uygulanan ışın dozu arttıkça inaktivasyon derecesinin arttığı tespit edilmiştir. *E. coli* başlangıç yükü 4,15 log kob/mL düzeyindeki iken uygulanan ışın dozuna



bağlı olarak işlem sonrası tespit edilemeyecek düzeye indiği belirlenmiştir. *L. monocytogenes* ve *E. coli* diğer patojenlerle karşılaştırıldığında UV-C ışınına en hassas patojen bakteriler olduğu belirlenmiştir. Mikrobiyoloji sonuçlarına göre UV-C işlemi çalışılan tüm dozlarda mikrobiyal inaktivasyon sağlamış, ışın dozu arttıkça mikrobiyal inaktivasyon üzerine UV-C'nin etkisi de artmıştır. Optimum işlem parametrelerinin belirlenebilmesi için elde edilen sonuçların fizikokimyasal analiz sonuçları ile birlikte değerlendirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Çiğ süte UV-C uygulamasının pH üzerine bir etkisi olmamıştır. Viskozite ise uygulanan ışın dozu arttıkça azalmıştır. Viskozite değerlerinde meydana gelen değişimde sütün üzerinden aktığı quartz kılıf üzerine yapışıp kalmasının etkili olabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle UV-C lambanın gücünün artırılması ve buna bağlı akış hızının artırılması ile sütün quartz cama yapışmasının önüne geçilebilir.

UV-C'nin L ve b değerlerinde kontrol grubuna göre azalışa, a değerinde ise artışa neden olduğu belirlenmiştir. İşlem sonrası ölçüm yapılan sütlerde toplam renk değişiminin göstergesi olan  $\Delta E$  değerlerinin ise yüksek olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak bir değerlendirme yapıldığında UV-C'nin sütün rengini değiştirdiği belirlenmiştir. Duyusal panel sonuçları renk değişimini desteklemektedir. Panelistler işlem görmüş süt örneklerine kontrol örneğinden daha düşük puan vermişlerdir.

Sütün serbest yağ asitliği UV-C uygulaması ile artmıştır. Serbest yağ asitliğinin yükselmesi sütte acı tadın gelişiminden sorumludur. Duyusal sonuçları ile birlikte değerlendirildiğinde SYA artışının tat üzerinde olumsuz etkisi olduğu belirlenmiştir. Kolesterol miktarında ise UV-C uygulaması sırasında quartz cam üzerinde kalan yağ miktarına bağlı olarak azalış meydana gelmiştir. UV-C uygulaması sütte bulunan 7-dehidrokolesterolü D<sub>3</sub> vitaminine dönüştürerek D<sub>3</sub> konsantrasyonunda artış sağlamıştır.

UV-C'nin sütün yağ asidi kompozisyonu üzerinde etkisi olduğu belirlenmiştir. Doymuş ve doymamış yağ asitleri ayrı ayrı incelenmiş ve uygulanan ışın dozuna bağlı olarak UV-C işleminin yağ asidi kompozisyonunda artış ya da azalışa neden olduğu tespit edilmiştir. C4:0 miktarı ışın dozuna bağlı olarak artış ve azalış göstermiştir. Uygulanan doz arttıkça C4:0 miktarında azalış meydana gelerek pastörize süte yakın bir değer elde edilmiştir. C8:0 ve C10:0 miktarlarında ise tüm uygulamalarda oransal bir azalış meydana gelmiştir. Benzer şekilde C12:0 miktarlarında uygulanan ışın dozu arttıkça oransal bir azalış olduğu

belirlenmiştir. C14:0 miktarında ise uygulanan ışın dozuna bağlı olarak oransal bir artış ve azalış meydana gelmiştir. C16:0 miktarında ise istatistiksel anlamda önemli bir değişim meydana gelmemiştir. UV-C'nin C18:0 miktarında az da olsa bir artışa neden olduğu ama bu artışın pastörize sütte meydana gelen artış ile paralel olduğu belirlenmiştir.

UV-C'nin doymamış yağ asidi kompozisyonu üzerindeki etkisi doymuş yağ asidi kompozisyonu ile benzerdir. C14:1 ve C16:1 miktarlarında uygulanan ışın dozuna bağlı olarak artış ve azalış meydana gelmiştir. Majör doymamış yağ asitlerinden biri olan C18:1 miktarlarında UV-C uygulaması genel olarak artışa neden olmuştur. C18:2, C18:3n6 ve C18:3n3 miktarlarında uygulanan ışın dozuna bağlı olarak artış ve azalış meydana gelmiştir. Genel olarak 60 J/mL doz uygulamasında üç yağ asidinde de artış olduğu diğer doz uygulamalarında oransal olarak azalış meydana geldiği belirlenmiştir.

UV-C uygulaması sütün aroma bileşenleri üzerine etkili olmuştur. UV-C, işlem görmemiş sütte tespit edilen karbon disülfid miktarını oransal olarak arttırmıştır. Ayrıca işlem görmemiş çiğ sütte tespit edilemeyen 3-metil bütanal, 2-metil bütanal, izobütiraldehit, 2-N-propil-5-oksoheksanal, 2,3,5,6 tetra-kloro-fenil metil sülfoksit, 2-metil pentanal bileşenlerinin düşük oranda da olsa oluşumuna neden olmuştur. Çiğ süte uygulanan UV-C işlemi, oksidasyon sonucu oluşan bileşiklerin göstergesi olan aldehitlerin ve sülfürlü bileşenlerin oluşumunda etkili olmuştur.

Sütün duyuşal değişiminin belirlenebilmesi için renk, koku, lezzet ve genel beğeni parametreleri incelenmiştir. Renk hariç diğer tüm parametrelerde alınan puanlar kontrol grubundan istatistiksel anlamda farklıdır. Genel olarak uygulanan ışın dozu arttıkça süt örneklerinin aldığı puan değerleri düşmüştür. Tüm duyuşal değerlendirme kriterlerinde en yüksek puanı 18 mL/dk (60 J/mL doz UV-C) akış hızında UV uygulanmış örnekler almıştır.

Bu sonuçlar ışığında, UV-C sisteminin sağım sistemlerine entegre edilmesi durumunda; bu çalışmada süt tek bir UV-C lamba etrafından geçirilmiştir. Fakat sağım sistemlerine UV-C'nin uygulanabilmesi için lamba sayısının artırılması ve daha yüksek UV çıkış gücüne sahip lambaların kullanılması gerekmektedir. Sistem tasarımı ile yapılan hesaplamalar kullanılacak lamba sayısı ve kolon içerisinde kaç lamba olacağı hakkında fikir vermektedir. Fakat çoklu lamba yerleşiminde sütün kolon içindeki akış davranışı değişebileceğinden UV-C'nin sütün hem mikrobiyal yükü üzerine hem de fizikokimyasal özellikleri üzerine olan etkisinin değişebileceği düşünülmektedir. Bu nedenle endüstriyel

boyutta UV-C sistemi üzerine çalışma yapmadan önce pilot/laboratuvar ölçekli çoklu lamba içeren UV-C kolonu ile farklı akış hızlarında çalışma yapılması daha belirleyici sonuçlar elde etmek için önerilmektedir.

Sonuç olarak;

1. Çiğ süte UV-C uygulaması ile yüksek dozda mikrobiyal yük çok azalmış ancak yüksek dozlarda sütün bazı fizikokimyasal ve duyuşsal özellikleri değişmiştir.
2. UV-C uygulaması ile mikrobiyal yük azaltılırken aynı zamanda D<sub>3</sub> vitamini miktarında artış sağlanmıştır.
3. Sütün kolondan geçişi sırasında bir miktar yağ quartz cam üzerine bağlanmış, sütün yağ miktarındaki değişime bağli olarak viskozite, kolesterol değerlerinde değişim meydana gelmiştir.
4. UV-C uygulaması sırasında sütün oksidasyonuna bağli olarak çeşitli oksidatif aroma bileşenleri açığa çıkmış ve bu bileşenler sütün tat ve kokusunu olumsuz yönde etkilemiştir. Duyusal test sonuçlarında yüksek dozda UV-C uygulanan örneklerde tat ve koku farklılıkları olduğu belirlenmiştir.
5. Sütün duyuşsal özellikleri ve fizikokimyasal özellikleri değişmeden yaklaşık 60 J/mL doz UV-C uygulaması ile bakteriyel yükü 2-3 log azaltılabilecektir.
6. Çalışma sonuçlarına göre yapılan hesaplamalar daha yüksek UV-C çıkış gücüne sahip lambalar kullanılarak tasarlanacak bir reaktörün sağım sistemlerine entegrasyonunun mümkün olabileceğini göstermektedir.
7. Sütün fizikokimyasal ve duyuşsal niteliklerinin korunması için daha yüksek akış hızında (daha düşük dozda) UV-C uygulamaları ayrıca çalışılabilir.
8. UV-C'nin sağım sistemlerine uygulanabilmesi için çoklu lamba içeren kolon tasarımı ayrıca çalışılarak sütün mikrobiyolojik, fizikokimyasal ve duyuşsal kalitesi incelenebilir.

## KAYNAKLAR

- Alberini, F., Simmons, M.J.H., Parker, D.J. ve Koutchma, T. (2015). Validation of hydrodynamic and microbial inactivation models for UV-C treatment of milk in a swirl-tube ‘SurePure Turbulator™’. *Journal of Food Engineering*, 162, 63-69. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.04.009>.
- Altic, L.C., Rowe, M.T. ve Grant, I.R. (2007). UV light inactivation of *Mycobacterium avium subsp. paratuberculosis* in milk as assessed by FASTPlaqueTB phage assay and culture. *Applied and Environmental Microbiology*, 73(11), 3728-3733. doi:10.1128/AEM.00057-07.
- Altuğ, T. ve Elmacı, Y. (2005). *Gıdalarda duyuşal değerlendirme*. İzmir: Sidas Medta Ltd. Şti.
- Altun, B., Besler, T. ve Ünal, S. (2002). Ankara piyasasında satılan işleml görmüş (UHT ve pastörize) ve görmemiş (sokak) sütlerin makro-besin değeri ve mikrobiyolojik açıdan değerlendirilmesi. *Sted*, 11(2), 51-55.
- Anonim (2012). Süt ve Süt Ürünleri Analizleri 1, M.E.B., Gıda Teknolojisi Ders Notları, Ankara.
- Arab, M., Razavi, S.H., Hosseini, S.M., Nayebzadeh, K., Meybodi, N.M., Khanniri, E., Mardi, P. ve Mortazavian, A.M. (2019). *LWT - Food Science and Technology*, 114, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108373>.
- Aslan, R. ve Yallagöz, E. (2019). Fonksiyonel gıda olarak süt. *Göller Bölgesi Aylık Hakemli Ekonomi ve Kültür Dergisi*, 7(78), 43-47.
- Aydın, K. (2009). *Ultraviyole ışınları ile suların dezenfeksiyonu*. IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresinde sunulan bildiri, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Ankara. Erişim adresi [http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya\\_ekler/08f96d5fdb800b6\\_ek.pdf](http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/08f96d5fdb800b6_ek.pdf)
- Bakırcı, G.T. ve Kayaardı S. (2017). *Mikrobiyoloji analiz metodları* (1. Baskı). İzmir: Sidas Medta Ltd. Şti.
- Bandla, S., Choudhary, R., Watson, D.G. ve Haddock, J. (2012). Impact of UV-C processing of raw cow milk treated in a continuous flow coiled tube ultraviolet reactor. *Agric Eng Int: CIGR Journal*, 14(2), 86-93.

- Baykut, E.D. (2016). *Ultraviyole ve ozon uygulamalarının baharatların dekontaminasyonu ve kalitesi üzerine etkileri* (Doktora Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Belitz, H.D., Grosh, W. ve Schieberle, P. (2009). *Food chemistry* (4th ed.). Berlin: Springer-Verlag.
- Bhullar, M.S., Patras, A., Kilanzo-Nthenge, A., Pokharel, B., Yannam, S.K., Rakariyatham, K., Pan, C., Xiao, H. ve Sasges, M. (2018). Microbial inactivation and cytotoxicity evaluation of UV irradiated coconut water in a novel continuous flow spiral reactor. *Food Research International*, 103, 59-67. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2017.10.004>.
- Bölek, O. (2013). *UHT sütlerin bazı fiziksel, kimyasal ve duyuşal özelliklerinin belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Cappozzo, J.C., Koutchma, T. ve Barnes, G. (2015). Chemical characterization of milk after treatment with thermal (HTST and UHT) and nonthermal (turbulent flow ultraviolet) processing technologies. *Journal of Dairy Science*, 98(8), 5068-5079. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2014-9190>.
- Choudhary, R., Bandla, S., Watson, D.G., Haddock, J., Abughazaleh, A., Bhattacharya, B. (2011). Performance of coiled tube ultraviolet reactors to inactivate *Escherichia coli* W1485 and *Bacillus cereus* endospores in raw cow milk and commercially processed skimmed cow milk. *Journal of Food Engineering*, 107, 14-20. [doi:10.1016/j.jfoodeng.2011.06.009](http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.06.009).
- Cilliers, F.P., Gouws, P.A., Koutchma, T., Engelbrecht, Y., Adriaanse, C. ve Swart, P. (2014). A microbiological, biochemical and sensory characterisation of bovine milk treated by heat and ultraviolet (UV) light for manufacturing Cheddar cheese. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 23, 94-106. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2014.03.005>.
- Çelik, G. (2018). *UV-C ışık uygulamasının taze ahududu ve böğürtlen meyvelerinin dekontaminasyonu ve kalitesi üzerine etkisi* (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Decker, E.A., Elias, R.J. ve McClements, D.J. (2010). *Oxidation in foods and beverages and antioxidant applications* (1st ed.). Cambridge: Woodhead Publishing Limited.

- Demir, H. ve Oral, M.O. (2018). Nonthermal pasteurization of onion juice by continuous UV-C reactor. *Journal of Food safety*, 38, 1-9. <https://doi.org/10.1111/jfs.12533>.
- Demirci, M. (2014). *Beslenme* (7. Baskı). İstanbul: Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları
- Diesler, K., Golombek, P., Kromm, L., Scharfenberger-Schmeer, M., Durner, D., Schmarr, HG., Stahl, MR., Briviba, K. ve Fischer, U. (2019). UV-C treatment of grape must: Microbial inactivation, toxicological considerations and influence on chemical and sensory properties of White wine. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 52, 291-304. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.01.005>.
- Diler, A. ve Baran, A. (2014). Erzurum'un Hınıs ilçesi çevresindeki küçük ölçekli işletme tank sütlerinden alınan çiğ süt örneklerinin bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Alınteri*, 29(B), 18-24.
- EFSA. (2016). Safety of UV-treated milk as a novel food pursuant to Regulation (EC) No 258/97. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). *EFSA Journal*, 14(1), 1-14. doi:10.2903/j.efsa.2016.4370.
- Engin, B., Güneşer, O. ve Yüceer, Y.K. (2009). Ultraviyole ışınlarının sütün mikrobiyel özellikleri üzerine etkisi. *Gıda*, 34(5), 303-308.
- Engin, F.B. (2009). *Ultraviyole ışınları ve ultrasound uygulamalarının sütün aroma-aktif bileşenleri ve mikroorganizma yükü üzerine etkisi* (Yüksek Lisans Tezi), Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Falguera, V., Pagán, J., Garza, S., Garvín, A. ve Ibarz, A. (2011). Ultraviolet processing of liquid food: A review. Part 1: Fundamental engineering aspects. *Food Research International*, 44, 1571-1579. doi:10.1016/j.foodres.2011.02.056.
- Faye, B., Bengoumi, M., Al-Masaud, A. ve Konuspayeva, G. (2015). Comparative milk and serum cholesterol content in dairy cow and camel. *Journal of King Saud University-Science*, 27, 168-175. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jksus.2014.11.003>.
- Feliciano, R.J., Estilo, E.E.C., Nakan, H. ve Gabriel, A.A. (2019). Ultraviolet-C resistance of selected spoilage yeasts in orange juice. *Food Microbiology*, 78, 73-81. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2018.10.003>.
- Ferreira, C.D., Ziegler, V., Goebel, J.T.S., Lang, G.H., Elias, M.C. ve de Oliveira, M. (2017). Quality of grain and oil of maize subjected to UV-C radiation (254 nm) for the control of

- weevil (*Sitophilus zeamais* Motschulsky). *J Food Process Preserv*, 1-7. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13453>.
- Gabriel, A.A. ve Marquez, G.G.F. (2017). Inactivation behaviors of selected bacteria in ultraviolet-C-treated human breast milk. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 41, 216-223. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2017.03.010>.
- Gabriel, A.A., D. Melo, K.M. ve D. Michelena, J.C. (2020). Determination of the utility of ultraviolet-C irradiation for dried bay leaves microbial decontamination through safety and quality evaluations. *LWT-Food Science and Technology*, 117, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108634>.
- Gopisetty V.V.S., Patras, A., Kilonzo-Nthenge, A., Yannam S., Bansode R.R., Sasges, M., Burns, S.M., Vergne, M.J., Pan, C., ve Xiao, H. (2018). Impact of UV-C irradiation on the quality, safety, and cytotoxicity of cranberry-flavored water using a novel continuous flow UV system. *LWT-Food Science and Technology*, 95, 230-239. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.04.042>.
- Gopisetty V.V.S., Patras, A., Pendyala, B., Kilonzo-Nthenge, A., Ravi, R., Pokharel, B., Zhang, L., Si, H. ve Sasges, M. (2019). UV-C irradiation as an alternative treatment technique: Study of its effect on microbial inactivation, cytotoxicity, and sensory properties in cranberryflavored water. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 52, 66-74. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.11.002>.
- Gouma, M., Gayán, E., Raso, J., Condón, S. ve Álvarez, I. (2015). UV-Heat treatments for the control of foodborne microbial pathogens in chicken broth. *BioMed Research International*, 1-12. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/436030>.
- Guerrero-Beltra' n, J.A. ve Barbosa-Ca' novas, G.V. (2006). Inactivation of *Saccharomyces cerevisiae* and polyphenoloxidase in mango nectar treated with UV light. *Journal of Food Protection*, 69(2), 362-368.
- Gunter-Ward, D.M., Patras, A., Bhullar, M.S., Kilonzo-Nthenge, A., Pokharel, B. ve Sasges, M. (2017). Efficacy of ultraviolet (UV-C) light in reducing foodborne pathogens and model viruses in skim milk. *J Food Process Preserv.*, 1-12. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13485>.

- Gündüz, G.T. ve Korkmaz, A. (2019). UV-C treatment for the inhibition of molds isolated from dried persimmons (*Diospyros kaki* L.) and modelling of UV-C inactivation kinetics. *LWT - Food Science and Technology*, 115, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108451>.
- Gürsoy, A. (2015). Sütün bileşimi ve özellikleri 18.04.2017, Erişim adresi <http://cv.ankara.edu.tr/duzenleme/kisisel/dosyalar/06012015013030.pdf>
- Gürsoy, O., Küçükçetin, A., Gökçe, Ö., Ergin, F. ve Kocatürk, K. (2018). Physicochemistry, microbiology, fatty acids composition and volatile profile of traditional Söğle tulum (goat's skin bag) cheese. *An Acad Bras Cienc.* 90(4), 3661-3674. doi: 10.1590/0001-3765201820180310.
- Güven, E. ve Yıldız, H. (2016). Isıl olmayan yeni gıda muhafaza tekniklerinin sanayi uygulamaları-1. *Gıda*, 41(4), 235-242. doi: 10.15237/gida.GD15070.
- Heperkan, D. (2016). *Temel gıda mikrobiyolojisi* (5. Baskı). Ankara: Nobel Yayıncılık.
- Hu, G., Zheng, Y., Liu, Z. ve Deng, Y. (2017). Effects of UV-C and single- and multiple-cycle high hydrostatic pressure treatments on flavor evolution of cow milk: Gas chromatography-mass spectrometry, electronic nose, and electronic tongue analyses. *International Journal of Food Properties*, 20(7), 1677-1688, doi: 10.1080/10942912.2016.1217876.
- Hu, G., Zheng, Y., Wang, D., Zha, B., Liu, Z., Deng, Y. (2015). Comparison of microbiological loads and physicochemical properties of raw milk treated with single-/multiple-cycle high hydrostatic pressure and ultraviolet-C light. *High Pressure Research*, 35, 330-338. doi:10.1080/08957959.2015.1063626.
- ISO (2001). *Microbiology of food and animal feeding stuffs -Horizontal method for the enumeration of  $\beta$ -glucuronidase-positive Escherichia coli, Part 2: Colony-count technique at 44 °C using 5-bromo-4-chloro-3-indolyl  $\beta$ -D-glucuronide, Reference number: ISO 16649-2:2001(E)*, Printed in Switzerland.
- ISO (2003). *Microbiology of food and animal feeding stuffs -Horizontal method for the enumeration of coagulase-positive staphylococci (Staphylococcus aureus and other species) Part 1: Technique using Baird-Parker agar medium, Reference number: ISO 6888-1:1999/Amd.1:2003(E)*, Published in Switzerland.



- ISO (2017a). *Microbiology of the food chain – Horizontal method for the detection, enumeration and serotyping of Salmonella, Part 1: Detection of Salmonella spp.* Reference number: ISO 6779- 1:2017(E).
- ISO (2017b). *Microbiology of the food chain – Horizontal method for the detection, enumeration of Listeria monocytogenes and Listeria spp., Part 1: Detection method* Reference number: ISO 11290-1:2017(E).
- Jo, Y., Carter, B.G., Barbano, D.M. ve Drake, M.A. (2019). Identification of the source of volatile sulfur compounds produced in milk during thermal processing. *Journal of Dairy Science*, 102(10), 8658-8669. doi: 10.3168/jds.2019-16607.
- Karakaya, E. ve Akbay, C. (2014). İstanbul ili kentsel alanda tüketicilerin açık ve paket süt tüketim alışkanlıkları. *Tarım Ekonomi Dergisi*, 20(1), 17-27.
- Karppi, J., Nurmi, T., Olmedilla-Alonso, B., Granada-Lorencio, F. ve Nyssönen, K. (2008). Simultaneous measurement of retinol, alpha-tocopherol and six carotenoids in human plasma by using an isocratic reversed-phase HPLC method. *Journal of Chromatography B*, 867, 226-232. doi:10.1016/j.jchromb.2008.04.007.
- Kasahara, I., Carrasco, V. ve Aguilar, L. (2015). Inactivation of *Escherichia coli* in goat milk using pulsed ultraviolet light. *Journal of Food Engineering*, 152, 43-49. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.11.012>.
- Kesenkaş, H. ve Akbulut, N. (2010). İzmir ilinde satılan sokak sütleri ile orta ve büyük ölçekli çiftliklerde üretilen sütlerin özelliklerinin belirlenmesi. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 47(2), 161-169.
- Kharitonov, V.D., Sherstneva, N.E., Kharitonov, D.V., Yurova, E.A. ve Kurchenko, V.P. (2019). Changes in physico-chemical properties of milk under ultraviolet radiation. *Foods and Raw Materials*, 7(1), 161-167. doi: <http://doi.org/10.21603/2308-4057-2019-1-161-167>.
- Kim, S.S., Park, S.H., Kim, S.H. ve Kang, D.H. (2019). Synergistic effect of ohmic heating and UV-C irradiation for inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium* and *Listeria monocytogenes* in buffered peptone water and tomato juice. *Food control*, 102, 69-75. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.03.011>.
- Koca, N., Saatli, T.E. ve Urgu, M. (2018). Gıda sanayisinde ultraviyole ışığın yüzey uygulamaları. *Akademik Gıda*, 16(1), 88-100. doi: 10.24323/akademik-gida.417901.

- Koutchma, T. (2014). *Preservation and shelf life extension UV applications for fluid foods* (1st ed.). San Diego: Academic Press.
- Koutchma, T.N., Forney, L.J. ve Moraru, C.I. (2009). *Ultraviolet light in food technology principles and applications* (1st ed.). New York: CRC Press Taylor & Francis Group.
- Mansor, A., Shamsudin, R., Adzahan, N.M. ve Hamidon, M.N. (2014). Efficacy of ultraviolet radiation as non-thermal treatment for the inactivation of *Salmonella typhimurium* TISTR 292 in pineapple fruit juice. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 2, 173-180. doi: 10.1016/j.aaspro.2014.11.025.
- Martinez-Garcia, M., Saucedo-Gálvez, J.N., Codina-Torrella, I., Hernández-Herrero, M.M., Gervilla, R. ve Roig-Sagués, A.X. (2019). Evaluation of continuous UVC treatments and its combination with UHPH on spores of *Bacillus subtilis* in whole and skim milk. *Foods*, 8, 2-17. doi:10.3390/foods8110539.
- Martins, S.C.S.G., Carvalho, G.G.P., Pires, A.J.V., Silva, R.R., Leite, L.C., Lacerda, E.C.Q., Moreira, J.V., Cruz, C.H. ve Carvalho, B.M.A. (2016). Use of chemically treated tropical forage on the fatty acid profile of milk. *Journal of Food Quality*, 39, 850-857. doi: 10.1111/jfq.12228.
- Martysiak-Żurowska, D., Puta, M., Kotarska, J., Cybula, K., Malinowska-Pańczyk, E. ve Kołodziejka, I. (2017). The effect of UV-C irradiation on lipids and selected biologically active compounds in human milk. *International Dairy Journal*, 66, 42-48. <http://dx.doi.org/10.1016/j.idairyj.2016.10.009>.
- Matak, K.E., Sumner, S.S., Duncan, S.E., Hovingh, E., Worobo, R.W., Hackney, C.R. ve Pierson, M.D. Effects of ultraviolet irradiation on chemical and sensory properties of goat milk. *Journal of Dairy Science*, 90, 3178-3186. doi: 10.3168/jds.2006-642.
- Metin, M. (2013). *Süt teknolojisi sütün bileşimi ve işlenmesi* (12. Baskı). İzmir: Ege Üniversitesi Rektörlük Yayınları.
- Niyaz, Ö.C. (2015). *Türkiye'de süt sektöründe gıda güvencesinin temel paydaşlar açısından tüm boyutları ile değerlendirilmesi: TR22 Güney Marmara Bölgesi örneği* (Doktora Tezi), Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Oh, H.I., Shin, T.S. ve Chang, E.J. (2001). Determination of cholesterol in milk and dairy products by high-performance liquid chromatography. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 14(10), 1465-1469. <https://doi.org/10.5713/ajas.2001.1465>.

- Onoğur, T.A., Elmacı, Y. ve Demirağ, K. (2011). *Gıda kalite sağlama* (1. Baskı). İzmir: Sidas Medta Ltd. Şti.
- Orlowska, M., Koutchma, T., Grapperhaus, M., Gallagher, J., Schaefer, R. ve Defelice, C. (2013). Continuous and pulsed ultraviolet light for nonthermal treatment of liquid foods. part 1: effects on quality of fructose solution, apple juice, and milk. *Food Bioprocess Technol*, 6, 1580-1592. doi: 10.1007/s11947-012-0779-8.
- Özcan, T. ve Kurtuldu, O. (2011). Sütün raf ömrünün uzatılmasında alternatif yöntemler. *U.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25(1), 119-129.
- Özkan, B. (2002). *Pastörize sütün vitamin kayıplarının incelenmesi ve pastörize sütün A ve D vitaminlerince zenginleştirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Pala, Ç.U. (2011). *Bazı meyve sularına ısıl işleme alternatif olarak ultraviyole ışınlarının uygulanması* (Doktora Tezi), Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Pala, Ç.U. ve Toklucu, A.K. (2010). Ultraviyole ışın (UV) teknolojisinin meyve sularına uygulanması. *Akademik Gıda*, 8(1), 17-22.
- Penchev, P., Ilieva, Y., Ivanova, T. ve Kaley, R. (2016). Fatty acids composition of buffalo and bovine milk as affected by roughage source-silage versus hay. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 28(4), 264-270. doi:10.9755/ejfa.2015-11-974.
- Pereira, P.C. (2014). Milk nutritional composition and its role in human health. *Nutrition*, 30, 619-627. <http://dx.doi.org/10.1016/j.nut.2013.10.011>.
- Possas, A., Valero, A., García-Gimeno, R. M., Pérez-Rodríguez, F., Mendes de Souza, P. (2018). Influence of temperature on the inactivation kinetics of *Salmonella enteritidis* by the application of UV-C technology in soymilk. *Food Control*, 94, 132-139. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.06.033>.
- Reineccius, G. (2006). *Flavor chemistry and technology* (2nd ed.). New York: CRC Press Taylor & Francis Group.
- Reinemann, D. J., Gouws, P., Cilliers, T., Houck, K., Bishop, J. R. (2006). New methods for UV treatment of milk for improved food safety and product quality. *ASABE Meeting Presentation, Paper No. 066088*, Portland, OR, 1-9.

- Riganakos, K.A., Karabagias, I.K., Gertzou, I. ve Stahl, M. (2017). Comparison of UV-C and thermal treatments for the preservation of carrot juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 42, 165-172. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2017.06.015>.
- Rossitto, P.V., Cullor, J.S., Crook, J., Parko, J., Sechi, P. ve Cenci-Goga, B.T. (2012). Effects of UV irradiation in a continuous turbulent flow UV reactor on microbiological and sensory characteristics of cow's milk. *Journal of Food Protection*, 75(12), 2197-2207. doi: 10.4315/0362-028X.JFP-12-036.
- Şen, M. (2016). *Kırklareli ilinden toplanan inek sütlerinin kimyasal bileşiminin ve farklı ülke standartlarına uygunluklarının belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Tunceli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tunceli.
- Tawema, P., Han, J., Dang Vu, K., Salmieri, S. ve Lacroix, M. (2016). Antimicrobial effects of combined UV-C or gamma radiation with natural antimicrobial formulations against *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157: H7, and total yeasts/molds in fresh cut cauliflower. *LWT-Food Science and Technology*, 65, 451-456. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.08.016>.
- Tayar, M., Korkmaz, N.H. ve Özkeleş, E. (2015). *Beslenme ilkeleri* (3. Baskı). Bursa: Dora Basım Yayın Dağıtım Ltd. Şti.
- Taze, B.H., Unluturk, S., Buzrul, S. ve Alpas, H. (2015). The impact of UV-C irradiation on spoilage microorganisms and colour of orange juice. *J Food Sci Technol*. 52(2), 1000-1007. doi 10.1007/s13197-013-1095-7.
- Terin, M. (2014). Dünya süt ve süt ürünleri üretim, tüketim, fiyat ve ticaretindeki gelişmeler. *Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der.*, 4(3), 53-63.
- Thomson, B.M. ve Cressey, P.J. (2014). Determination of vitamin D in foods: current knowledge and data gaps. MPI Technical Paper No: 2014/03. Wellington, New Zealand: Ministry of Primary Industries.
- Tuncer, K. (2015). *TR71 bölgesindeki süt sığırcı işletmelerinden toplanan çiğ sütlerin bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırşehir.
- Turan, O.Y. (2015). *Ultraviyole-c ışık uygulaması kullanılarak soğukta saklanan gıdaların kalitelerinin artırılması* (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), (2020). Süt ve süt ürünleri üretimi haber bülteni. Erişim adresi: [www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr).
- Ulusal Süt Konseyi, (2019). Dünya ve Türkiye’de süt sektör istatistikleri 2019 süt raporu. Ankara.
- Uyar, H. (2018). *Ultrasonikasyon destekli uv-c ışık işleminin yumurta sarısında Salmonella typhimurium inaktivasyonu üzerine etkisi* (Yüksek Lisans Tezi), Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Burdur.
- Üçüncü, M. (2005). *Süt ve mamülleri teknolojisi* İzmir: Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri
- Ünal, R.N. ve Besler, T. (2012). *Beslenmede sütün önemi*. Ankara: Sağlık Bakanlığı Yayın No. 727. Erişim adresi <https://sbu.saglik.gov.tr/Ekutuphane/kitaplar/B%208.pdf>
- Ünlütürk, S., Atılgan, M.R., Baysal, A.H. ve Tari, C. (2008). Use of UV-C radiation as a non-thermal process for liquid egg products (LEP). *Journal of Food Engineering*, 85(4), 561-568. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2007.08.017.
- Ünlütürk, S., Atılgan, M.R., Baysal, A.H. ve Ünlütürk M.S. (2010). Modeling inactivation kinetics of liquid egg white exposed to UV-C irradiation. *International Journal of Food Microbiology*, 142, 341-347. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2010.07.013.
- Ütebay, D.Z. (2018). *Isıl işlem ve UV-C uygulamalarının elma şarabının bazı kalite özellikleri üzerine etkisi* (Yüksek Lisans Tezi), Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Van Aardt, M., Duncan, S.E., Marcy, J.E., Long, T.E., O’Keefe, S.F. ve Nielsen-Sims, S.R. (2005). Aroma analysis of light-exposed milk stored with and without natural and synthetic antioxidants. *J. Dairy Sci.* 88(3), 881–890. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(05)72754-5.
- Wiking, L., Løkke, M.M., Kidmose, U., Sundekilde, U.K., Dalsgaard, T.K., Larsen, T. ve Feilberg, A. (2017). Comparison between novel and standard methods for analysis of free fatty acids in milk-including relation to rancid flavour. *International Dairy Journal*, 75, 22-29. <http://dx.doi.org/10.1016/j.idairyj.2017.07.001>.
- Yangılar, F. ve Kabil, E. (2013). Süt ve süt ürünlerinde bazı ısıl olmayan mikrobiyal inaktivasyon yöntemleri. *U.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27(1), 97-108.
- Yetişemiyen, A. (2010). *Süt teknolojisi* (2. Baskı). Ankara: Ankara Üniversitesi Yayınları

Yıldız, M.K. (2016). *UV-C ışınlama işleminin soğan suyunun pastörizasyonunda kullanılabilirliği* (Yüksek Lisans Tezi), Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Osmaniye.

Yılmaz, M. ve Seçilmiş, H. (2006). *Bazı serbest yağ asitlerinin metanolik HCl ortamında türevlendirilmesindeki koşulların incelenmesi*. III Ulusal Analitik Kimya Kongresi, Çanakkale. Erişim adresi: <https://aves.comu.edu.tr/YayinGoster.aspx?ID=939&NO=13>.



## EKLER

### Ek 1. Süt örneklerinin Re (Reynolds) Sayıları

#### 1.1. İç içe geçmiş iki boru arasından akış için Re Sayısı Hesaplama

$$Re=(\rho/\mu).V.De$$

#### 1.1. Süt örneklerinin Re sayıları

Uygulama	Re Sayısı
UV11a <sub>(18ml/dk-25 °C)</sub>	3,011
UV11b <sub>(18ml/dk-25 °C)</sub>	3,011
UV10a <sub>(18ml/dk-11 °C)</sub>	2,4192
UV10b <sub>(18ml/dk-11 °C)</sub>	2,4192
UV9 <sub>(15ml/dk-17 °C)</sub>	2,8489
UV8a <sub>(15ml/dk-4 °C)</sub>	2,4132
UV8b <sub>(15ml/dk-4 °C)</sub>	2,4132
UV7 <sub>(12ml/dk-25 °C)</sub>	1,7551
UV6 <sub>(11ml/dk-16 °C)</sub>	1,6262
UV5 <sub>(10ml/dk-8 °C)</sub>	1,4744
UV4 <sub>(8ml/dk-21 °C)</sub>	1,2985
UV3a <sub>(5ml/dk-25 °C)</sub>	0,7452
UV3b <sub>(5ml/dk-25 °C)</sub>	0,7452
UV2 <sub>(5ml/dk-15 °C)</sub>	0,8164
UV1a <sub>(5ml/dk-4 °C)</sub>	0,6769
UV1b <sub>(5ml/dk-4 °C)</sub>	0,6769

## 1.2. Dikdörtgen Kesitli Kanalda Re Sayısı Hesaplama

$$Re=(\rho/\mu).V.Dh$$

$$\text{Dean Sayısı (De)} = Re.\sqrt{Dh/Dc}$$

### 1.2. Süt örneklerinin Re ve De sayıları

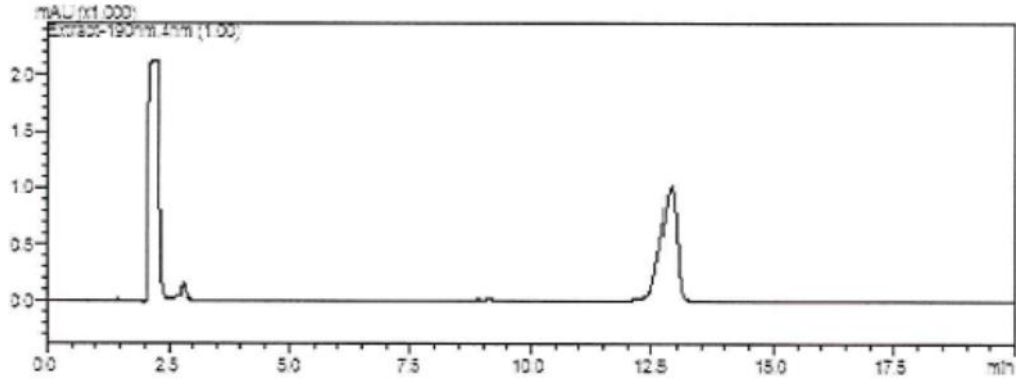
Uygulama	Re Sayısı	De Sayısı
UV11a <sub>(18ml/dk-25 °C)</sub>	17,0231	5,0048
UV11b <sub>(18ml/dk-25 °C)</sub>	17,0231	5,0048
UV10a <sub>(18ml/dk-11 °C)</sub>	13,7015	4,0282
UV10b <sub>(18ml/dk-11 °C)</sub>	13,7015	4,0282
UV9 <sub>(15ml/dk-17 °C)</sub>	16,1426	4,7459
UV8a <sub>(15ml/dk-4 °C)</sub>	13,3753	3,9323
UV8b <sub>(15ml/dk-4 °C)</sub>	13,3753	3,9323
UV7 <sub>(12ml/dk-25 °C)</sub>	10,1218	2,9758
UV6 <sub>(11ml/dk-16 °C)</sub>	9,2783	2,7278
UV5 <sub>(10ml/dk-8 °C)</sub>	8,4349	2,4799
UV4 <sub>(8ml/dk-21 °C)</sub>	7,3433	2,1589
UV3a <sub>(5ml/dk-25 °C)</sub>	4,2007	1,2350
UV3b <sub>(5ml/dk-25 °C)</sub>	4,2007	1,2350
UV2 <sub>(5ml/dk-15 °C)</sub>	4,5714	1,3439
UV1a <sub>(5ml/dk-4 °C)</sub>	3,8471	1,1321
UV1b <sub>(5ml/dk-4 °C)</sub>	3,8471	1,1321



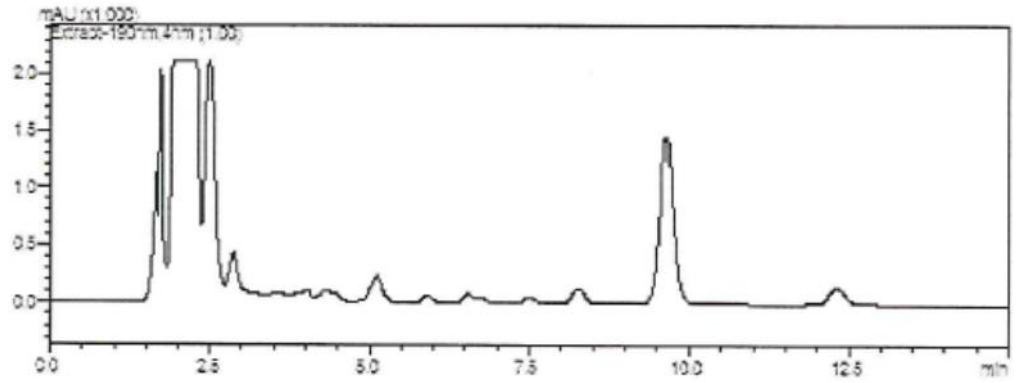
## Ek 2. HPLC kromatogram örnekleri

### 2.1. Kolesterol için kromatogram örnekleri

#### 2.1.1. Standarda ait kromatogram

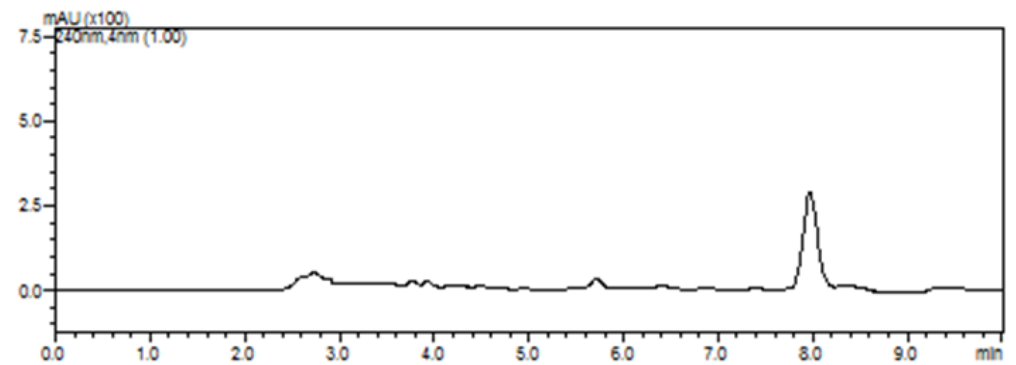


#### 2.1.2. Örneğe ait kromatogram

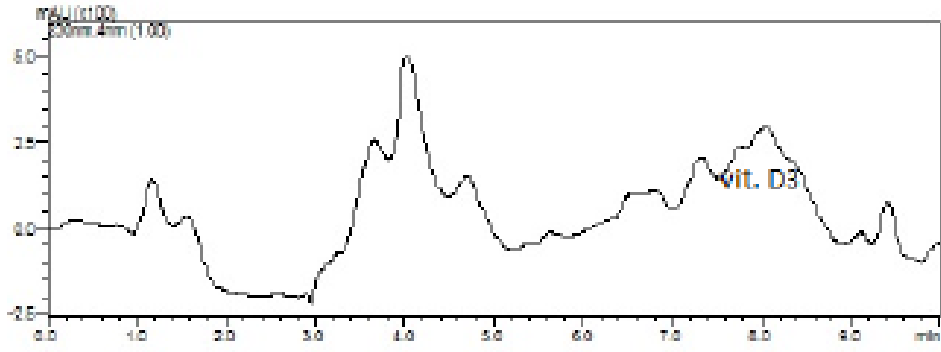


### 2.2. D<sub>3</sub> Vitamini için kromatogram örnekleri

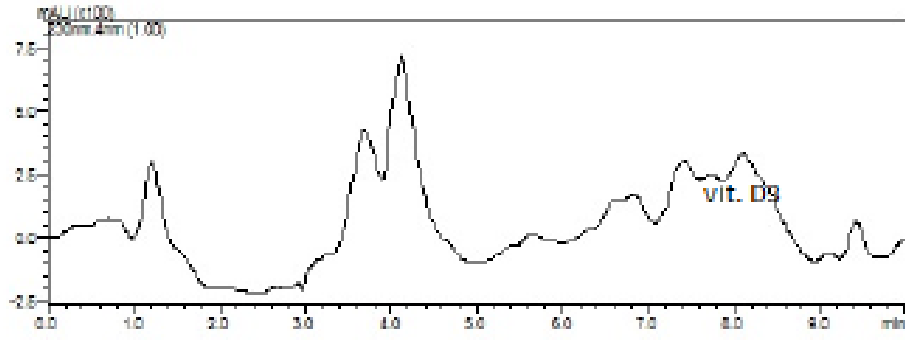
#### 2.2.1. Standarda ait kromatogram



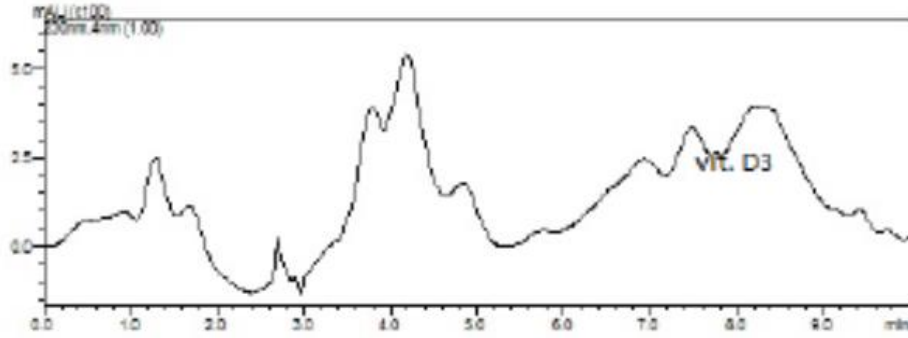
### 2.2.2. Çiğ süt D<sub>3</sub> vitamini kromatogramı



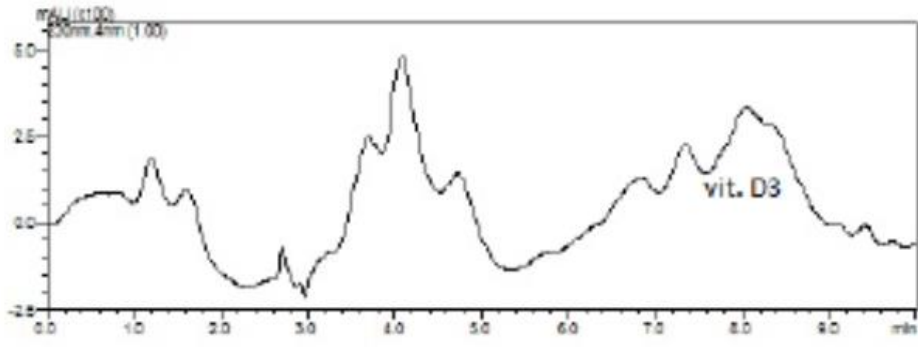
### 2.2.3. Pastörize süt D<sub>3</sub> vitamini kromatogramı



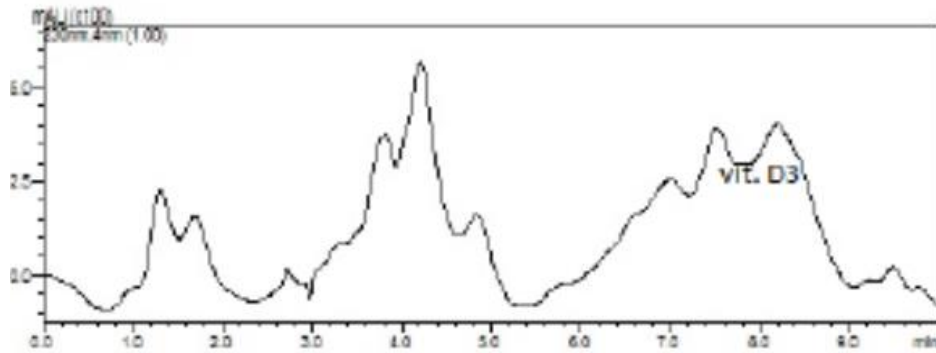
### 2.2.4. UV11a D<sub>3</sub> vitamini kromatogramı



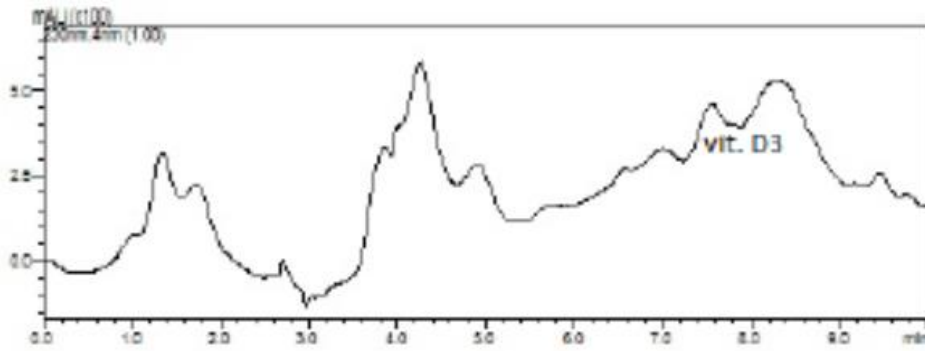
### 2.2.5. UV11b D<sub>3</sub> vitamini kromatogramı



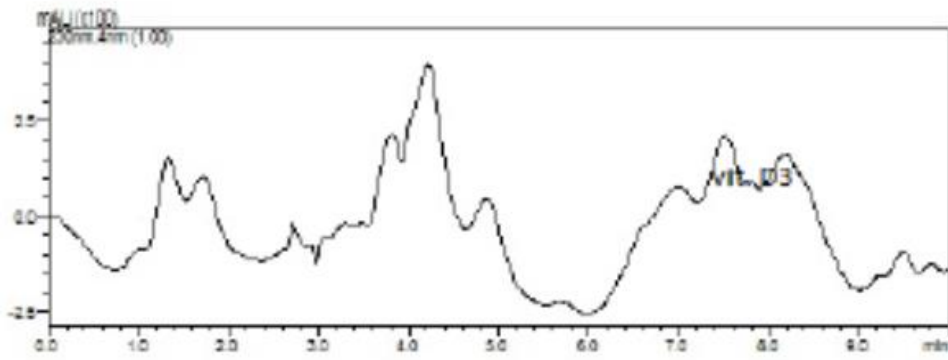
### 2.2.6. UV10a D<sub>3</sub> vitamini kromatogramı



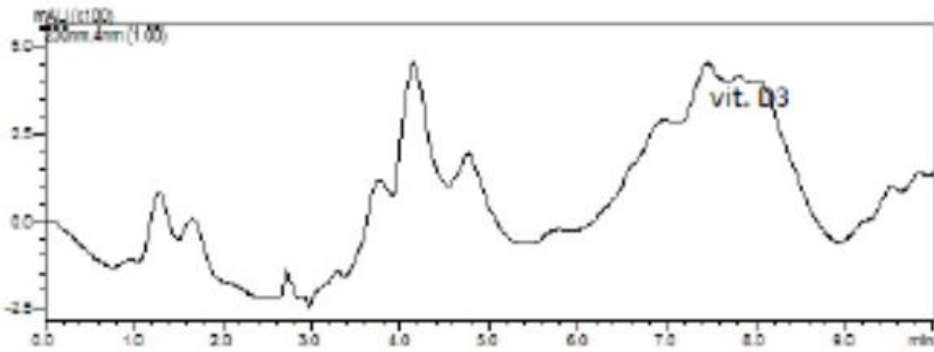
### 2.2.7. UV10b D<sub>3</sub> vitamini kromatogramı



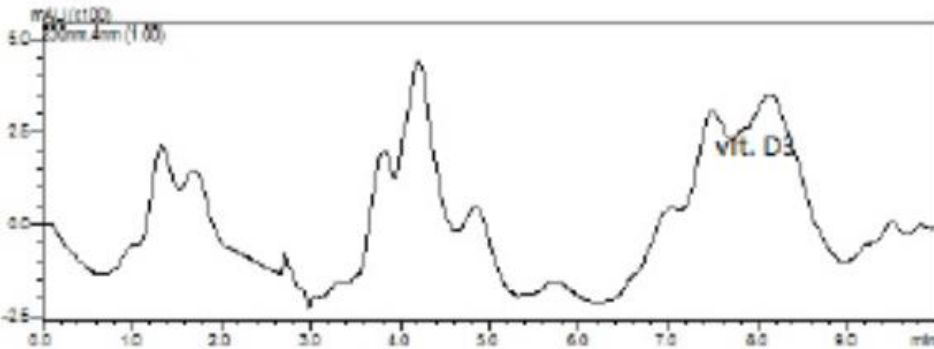
### 2.2.8. UV9 D<sub>3</sub> vitamini kromatogramı



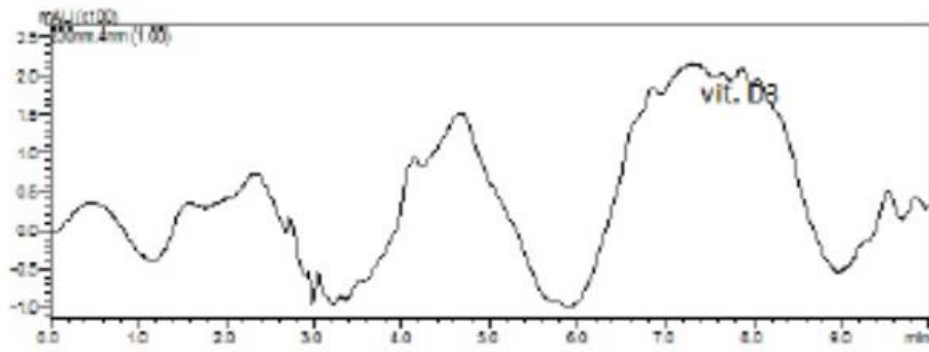
### 2.2.9. UV8a D<sub>3</sub> vitamini kromatogramı



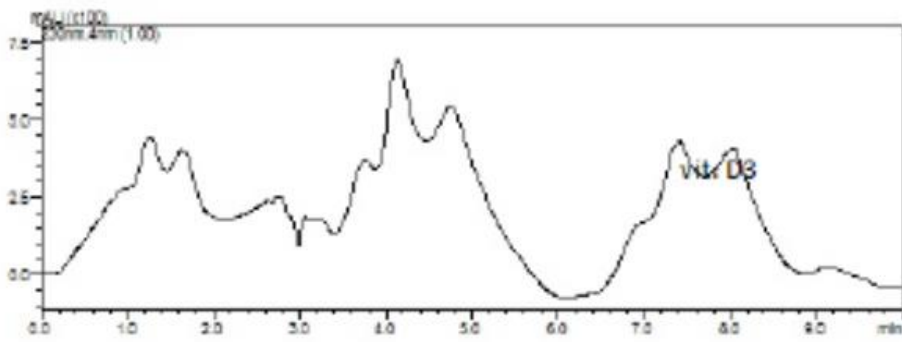
### 2.2.10. UV8b D<sub>3</sub> vitamini kromatogramı



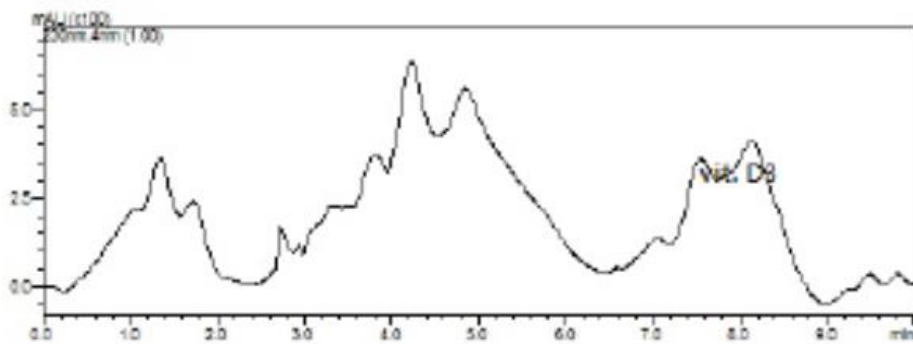
### 2.2.11. UV7 D<sub>3</sub> vitamini kromatogramı



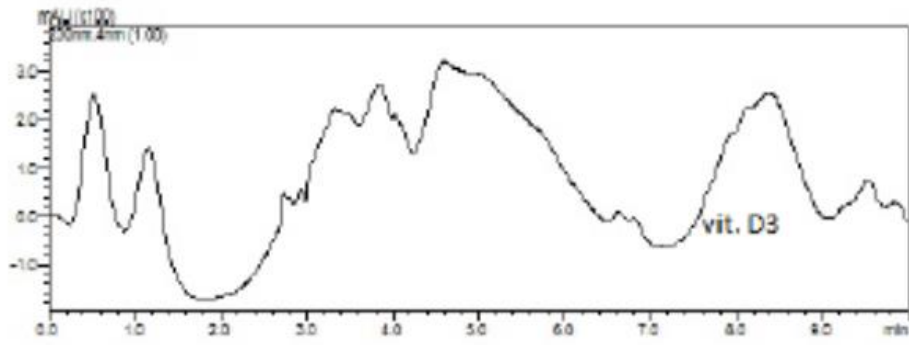
### 2.2.12. UV6 D<sub>3</sub> vitamini kromatogramı



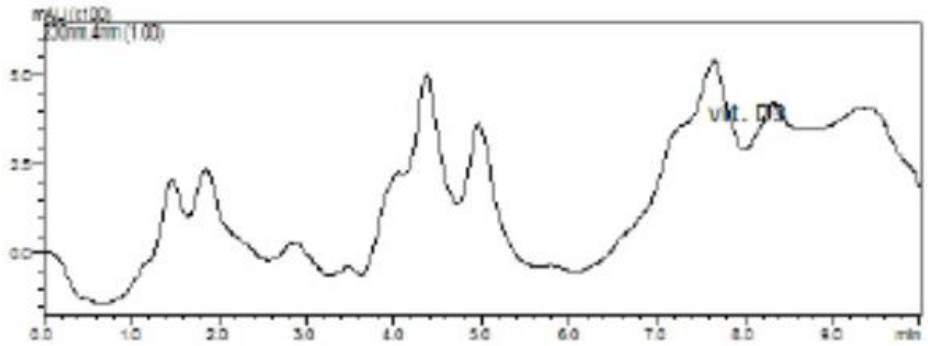
### 2.2.13. UV5 D<sub>3</sub> vitamini kromatogramı



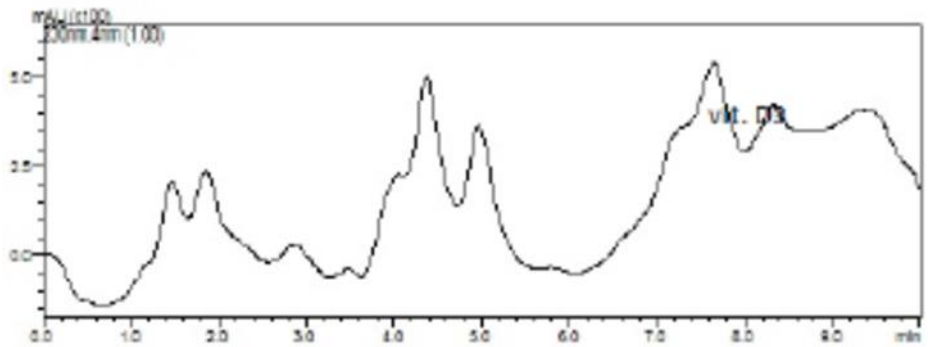
#### 2.2.14. UV4 D<sub>3</sub> vitamini kromatogramı



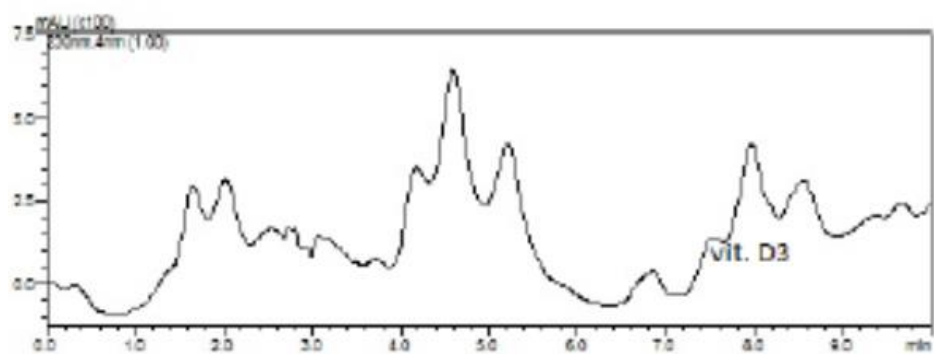
#### 2.2.15. UV3a D<sub>3</sub> vitamini kromatogramı



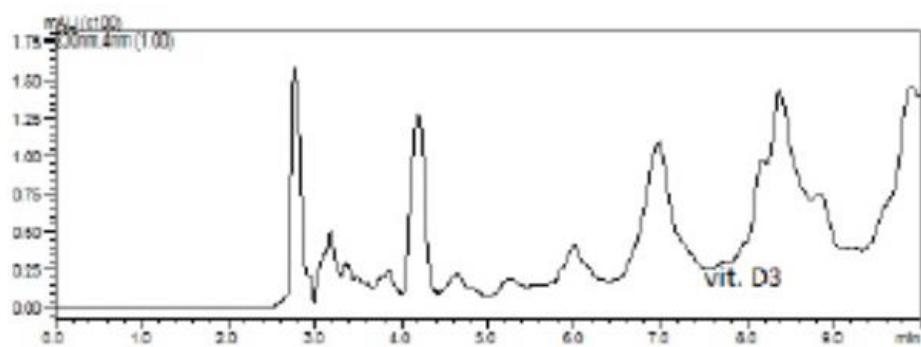
#### 2.2.16. UV3b D<sub>3</sub> vitamini kromatogramı



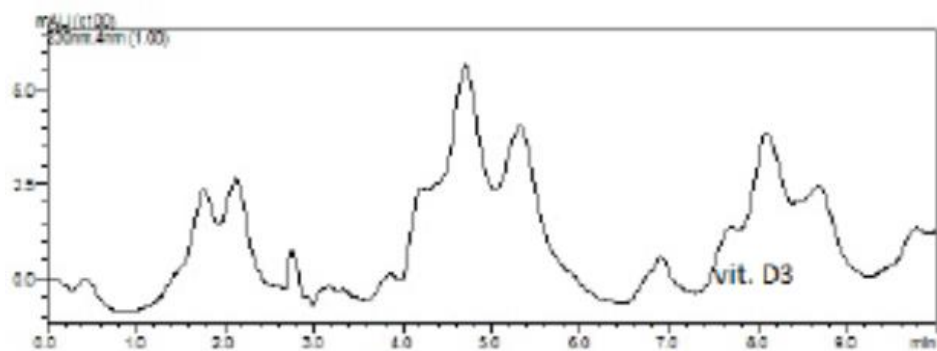
### 2.2.17. UV2 D<sub>3</sub> vitamini kromatogramı



### 2.2.18. UV1a D<sub>3</sub> vitamini kromatogramı



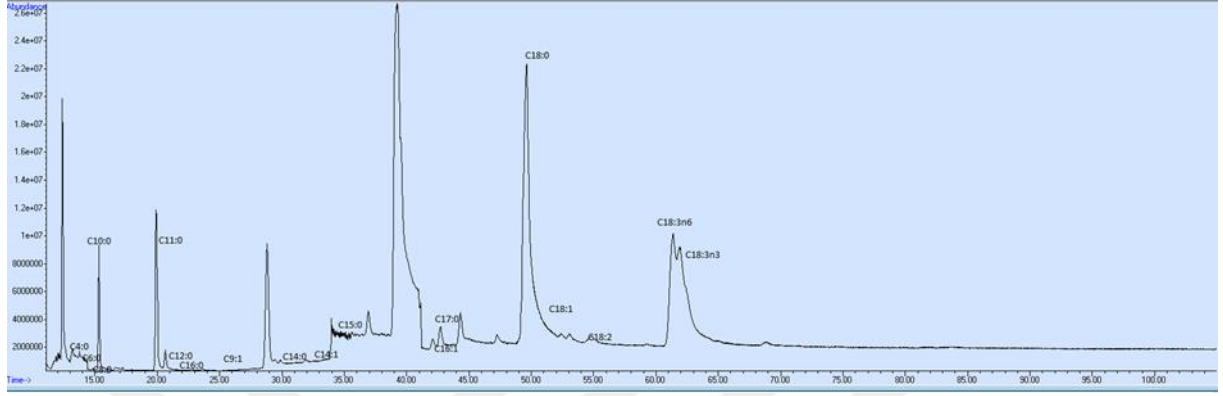
### 2.2.19. UV1b D<sub>3</sub> vitamini kromatogramı



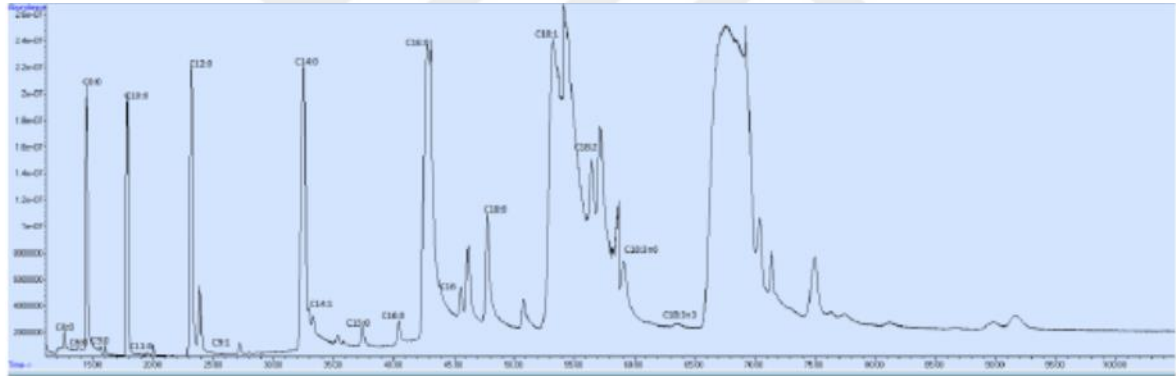
### Ek 3. GC kromatogram örnekleri

#### 3.1. Yağ asitleri kompozisyonu için kromatogram örnekleri

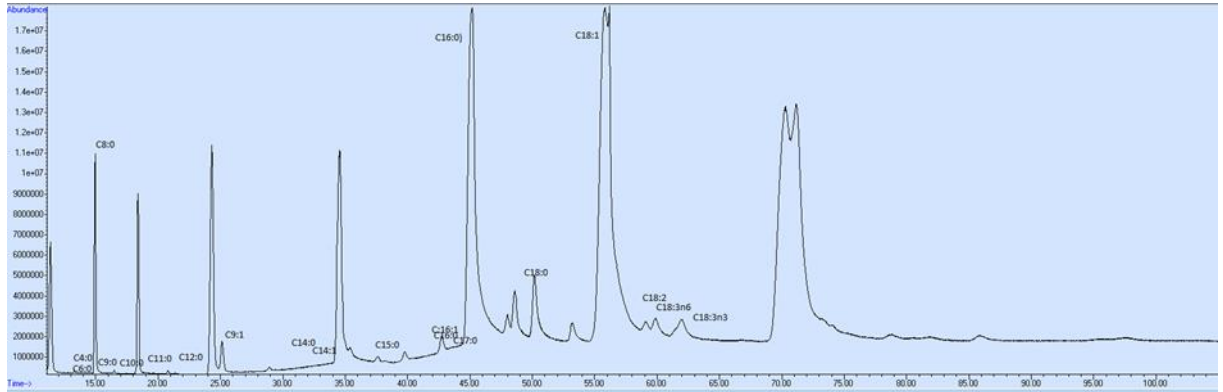
##### 3.1.1. Çiğ süt yağ asitleri kompozisyonu kromatogramı



##### 3.1.2. Pastörize süt yağ asitleri kompozisyonu kromatogramı

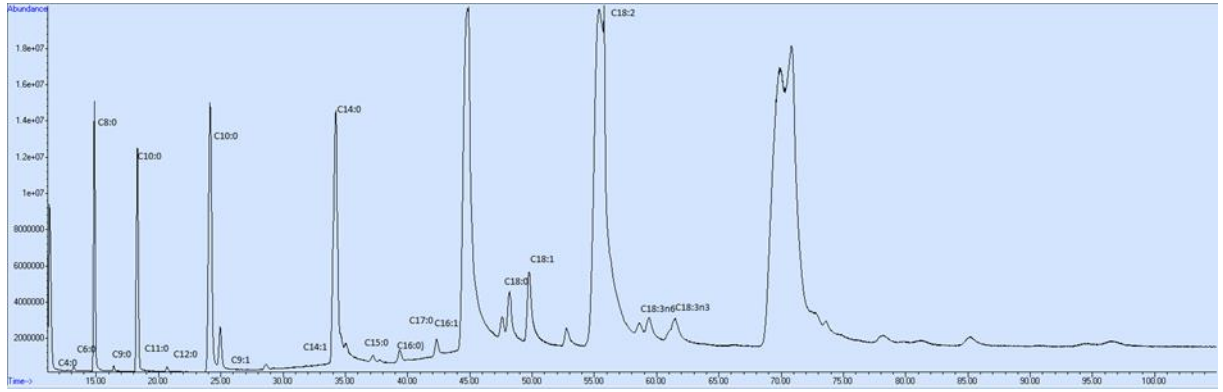


##### 3.1.3. UV11a yağ asitleri kompozisyonu kromatogramı

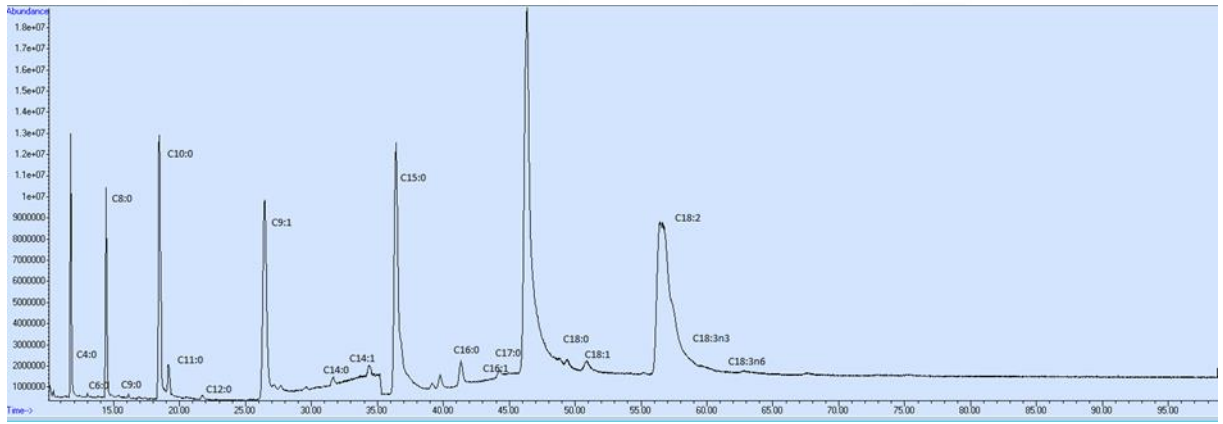




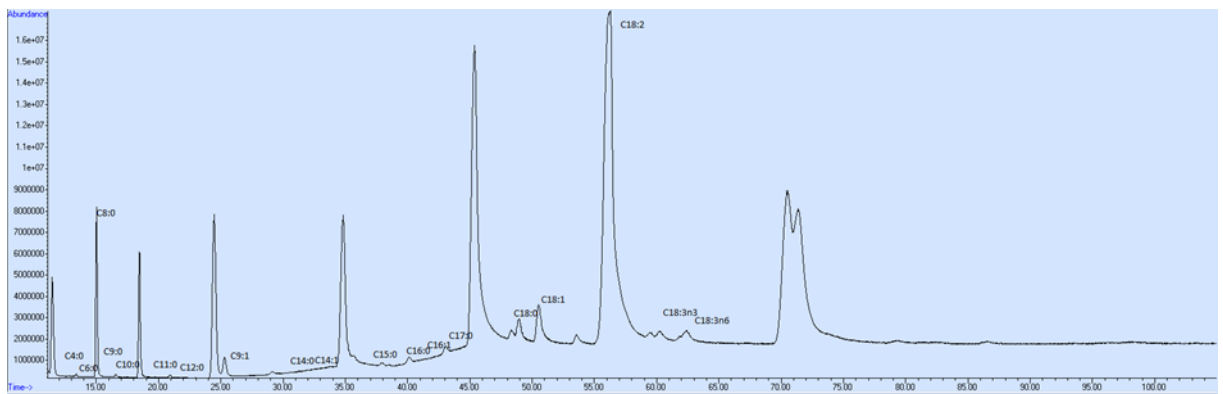
### 3.1.4. UV11b yağ asitleri kompozisyonu kromatogramı



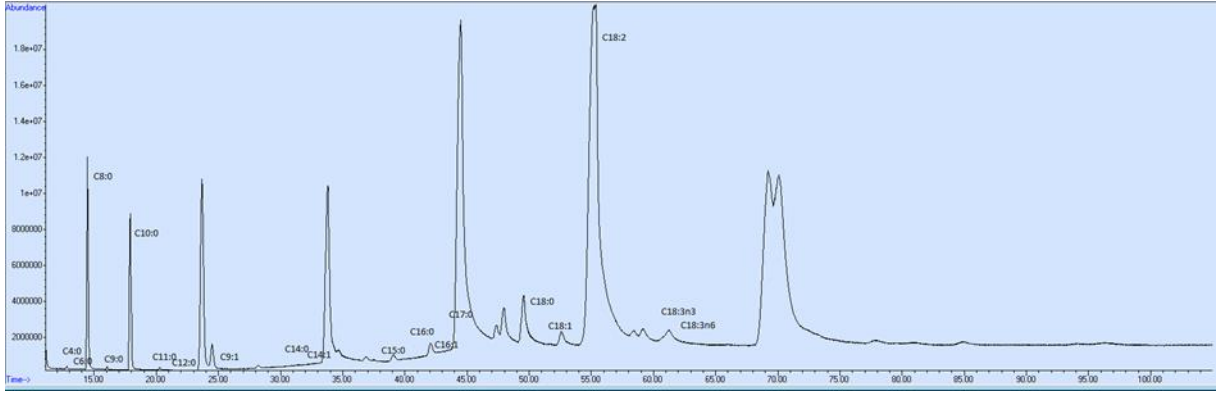
### 3.1.5. UV10a yağ asitleri kompozisyonu kromatogramı



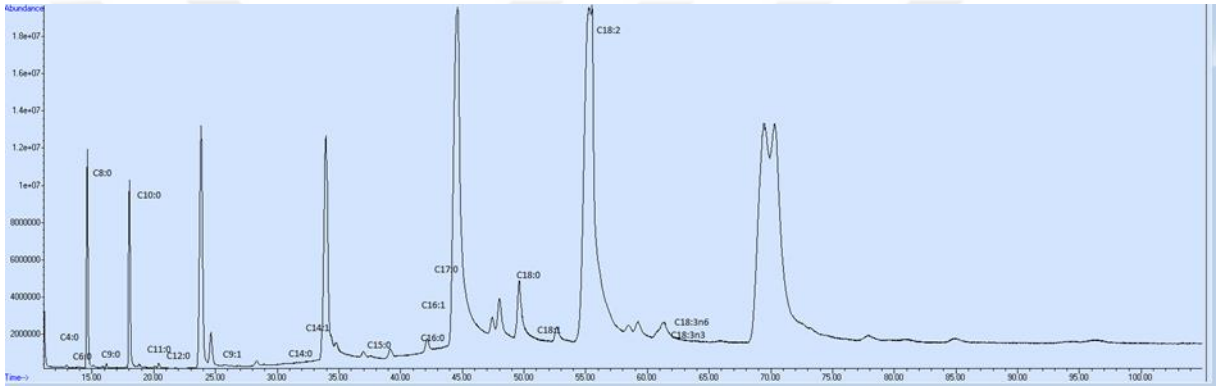
### 3.1.6. UV10b yağ asitleri kompozisyonu kromatogramı



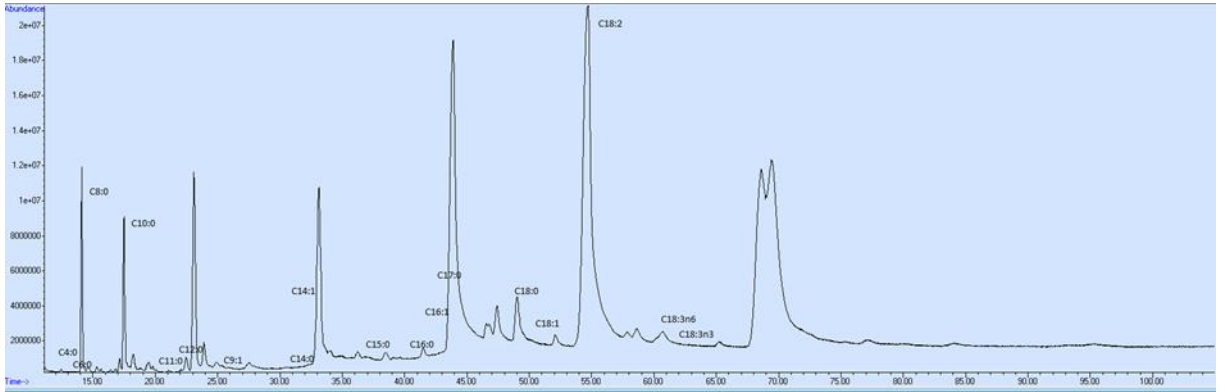
### 3.1.7. UV9 yağ asitleri kompozisyonu kromatogramı



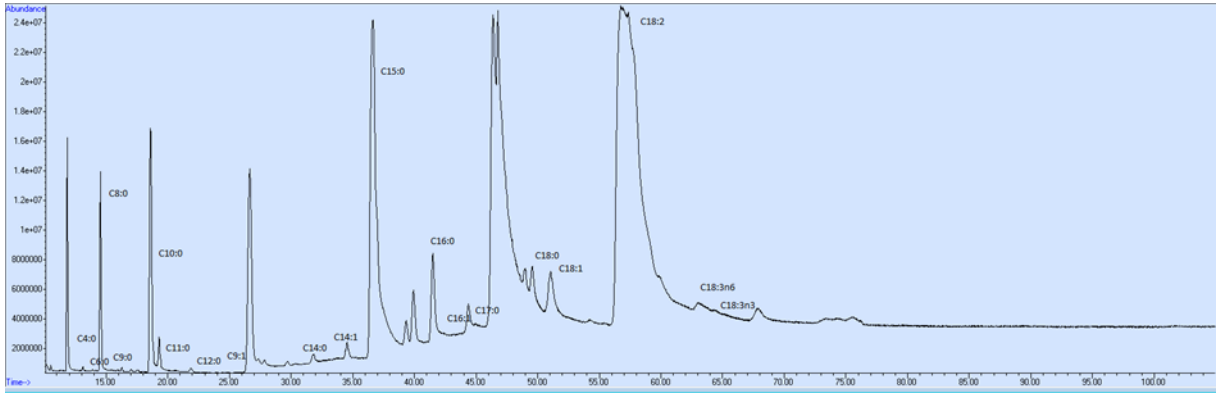
### 3.1.8. UV8a yağ asitleri kompozisyonu kromatogramı



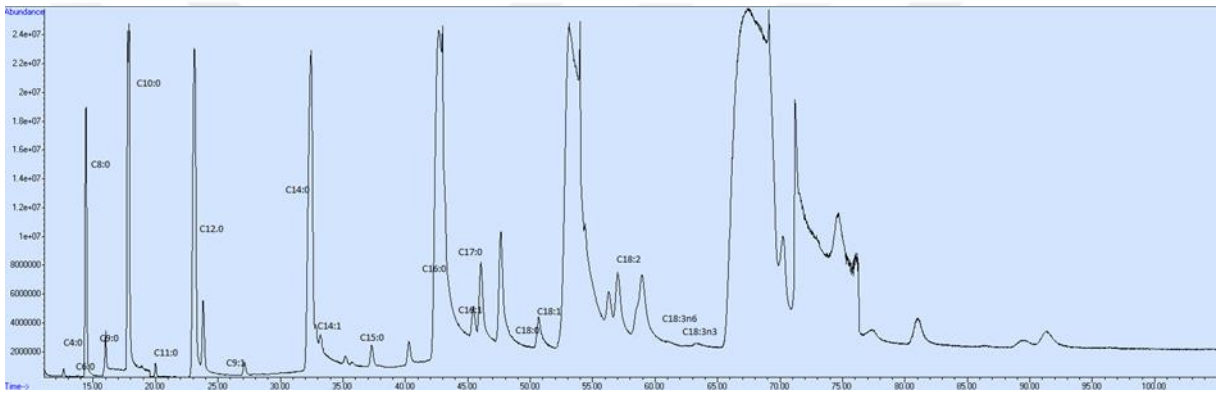
### 3.1.9. UV8b yağ asitleri kompozisyonu kromatogramı



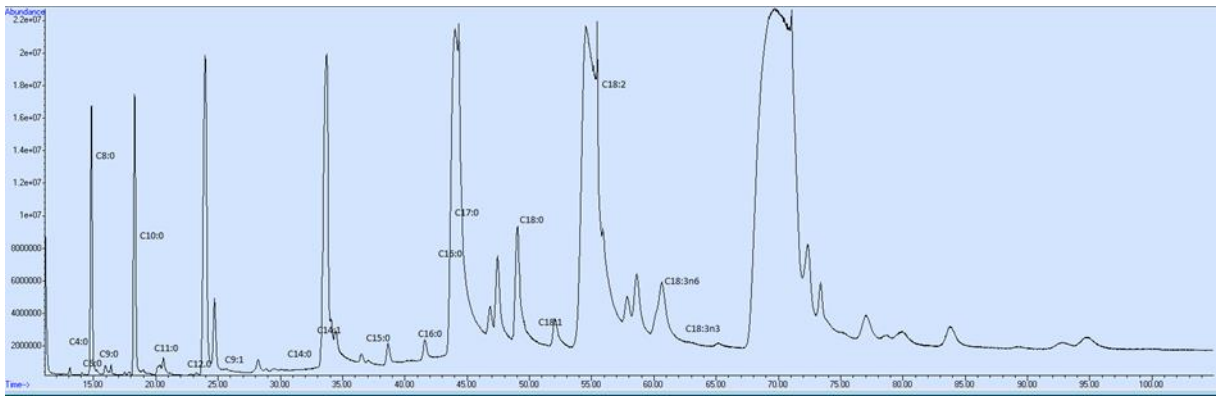
### 3.1.10. UV7 yağ asitleri kompozisyonu kromatogramı



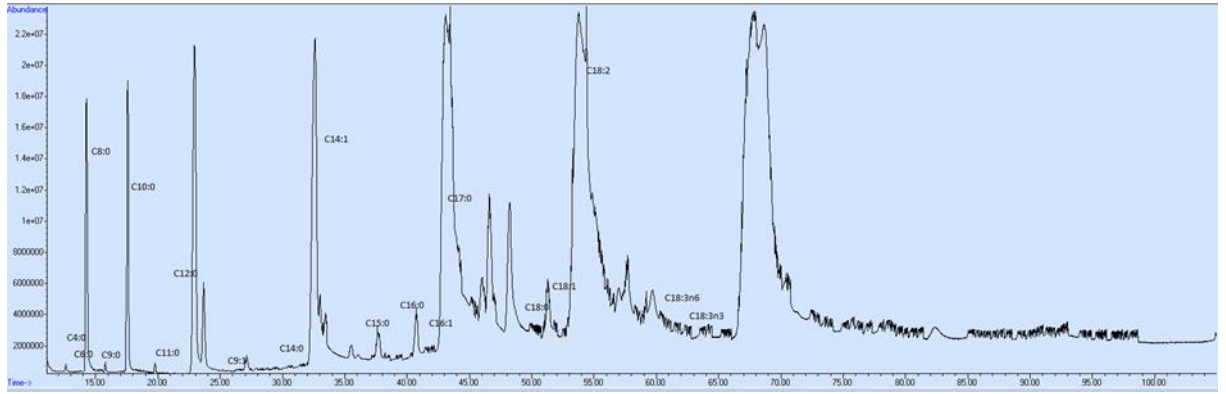
### 3.1.11. UV6 yağ asitleri kompozisyonu kromatogramı



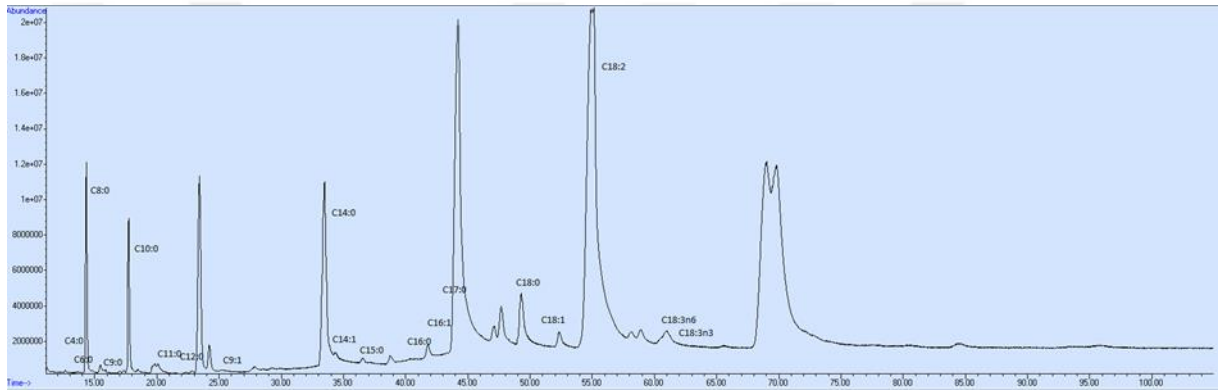
### 3.1.12. UV5 yağ asitleri kompozisyonu kromatogramı



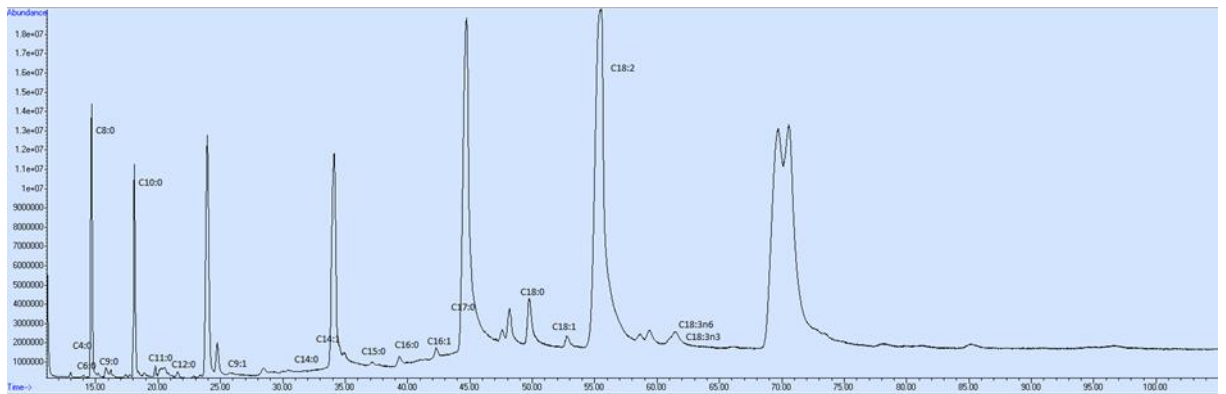
### 3.1.13. UV4 yağ asitleri kompozisyonu kromatogramı



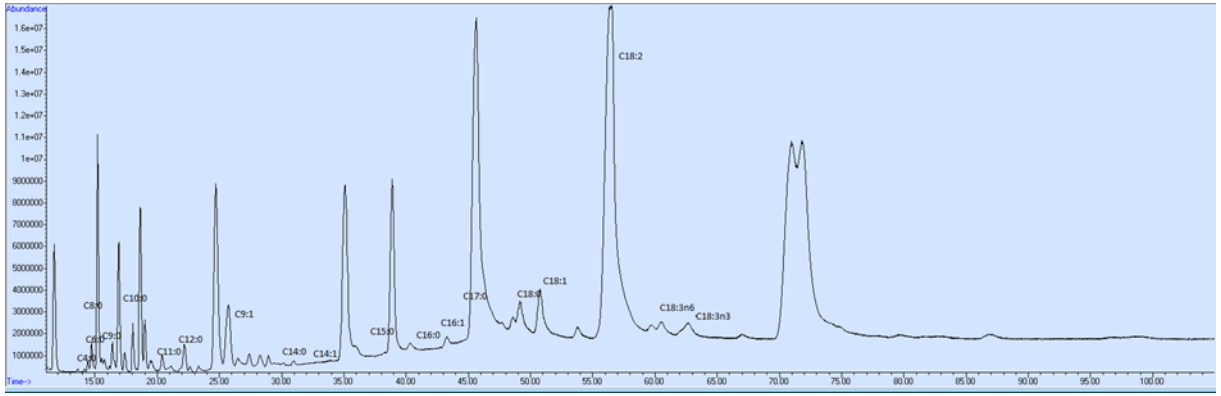
### 3.1.14. UV3a yağ asitleri kompozisyonu kromatogramı



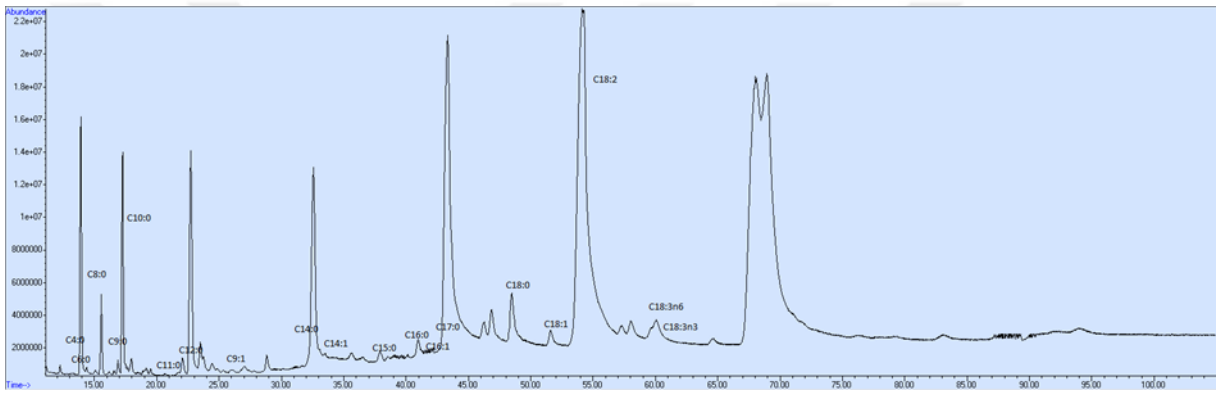
### 3.1.15. UV3b yağ asitleri kompozisyonu kromatogramı



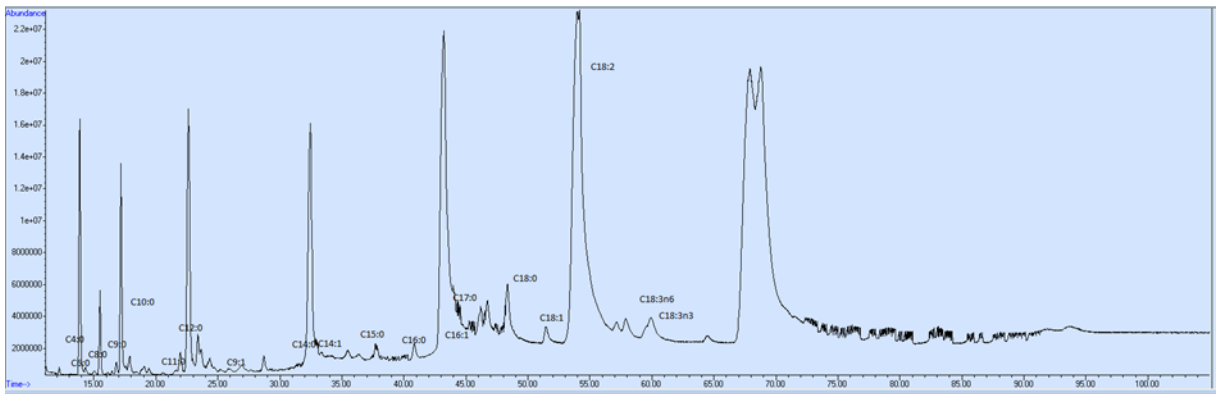
### 3.1.16. UV2 yağ asitleri kompozisyonu kromatogramı



### 3.1.17. UV1a yağ asitleri kompozisyonu kromatogramı



### 3.1.18. UV1b yağ asitleri kompozisyonu kromatogramı



#### Ek 4. Süt örneklerinin ANOVA tabloları

4.1. TMAB deneysel sonuçları için yanıt yüzey kubik modelde varyans analizi (ANOVA)  
R<sup>2</sup> 0,9714

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P-değeri
Model	2,21	9	0,25	22,61	0,0006
<i>A-Akış hızı</i>	0,49	1	0,49	44,81	0,0005
<i>B-sıcaklık</i>	0,045	1	0,045	4,11	0,0891
<i>AB</i>	0,014	1	0,014	1,27	0,3031
<i>A<sup>2</sup></i>	0,23	1	0,23	21,56	0,0035
<i>B<sup>2</sup></i>	0,053	1	0,053	4,84	0,0702
<i>A<sup>2</sup>B</i>	0,040	1	0,040	3,68	0,1036
<i>AB<sup>2</sup></i>	9,375E-004	1	9,375E-004	0,086	0,7788
<i>A<sup>3</sup></i>	0,18	1	0,18	17,03	0,0062
<i>B<sup>3</sup></i>	8,223E-003	1	8,223E-003	0,76	0,4177
Kalıntı	0,065	6	0,011		
<i>Matematiksel forma uygunluk</i>	0,065	1	0,065	1081,74	< 0,0001
<i>Saf hata</i>	3,000E-004	5	6,000E-005		
Toplam	2,27	15			

**Gerçek Faktörler Açısından Nihai Denklemler:** TMAB = +7,66542 -1,25635 \*Akış hızı -0,28826 \*Sıcaklık -5,20414E-004 \*Akış hızı\*Sıcaklık +0,12371 \*Akış hızı<sup>2</sup> +0,020245 \* Sıcaklık<sup>2</sup> +2,34044E-004 \*Akış Hızı<sup>2</sup> \*Sıcaklık -9,96099E-005 \*Akış hızı\*Sıcaklık<sup>2</sup> -3,64785E-003 \*Akış hızı<sup>3</sup> -3,83965E-004 \*Sıcaklık<sup>3</sup>

4.2. *S. typhimurium* deneysel sonuçları için yanıt yüzey kubik modelde varyans analizi (ANOVA) R<sup>2</sup> 9994

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P-değeri
Model	2,05	9	0,23	1099,48	< 0,0001
<i>A-Akış hızı</i>	0,20	1	0,20	981,14	< 0,0001
<i>B-sıcaklık</i>	7,886E-004	1	7,886E-004	3,80	0,0990
<i>AB</i>	7,526E-003	1	7,526E-003	36,30	0,0009
<i>A<sup>2</sup></i>	0,022	1	0,022	106,59	< 0,0001
<i>B<sup>2</sup></i>	0,024	1	0,024	114,81	< 0,0001
<i>A<sup>2</sup>B</i>	0,054	1	0,054	262,06	< 0,0001
<i>AB<sup>2</sup></i>	0,013	1	0,013	60,63	0,0002
<i>A<sup>3</sup></i>	0,049	1	0,049	235,41	< 0,0001
<i>B<sup>3</sup></i>	8,476E-003	1	8,476E-003	40,89	0,0007
Kalıntı	1,244E-003	6	2073E-004		
<i>Matematiksel forma uygunluk</i>	1,044E-003	1	1,044E-003	26,10	0,0037
<i>Saf hata</i>	2,000E-004	5	4,000E-005		
Toplam	2,05	15			

**Gerçek Faktörler Açısından Nihai Denklemler:** *S. typhimurium* = + 3,26524 -0,66775 \*Akış hızı +0,052883 \*Sıcaklık +7,98005E-003 \*Akış hızı\*Sıcaklık +0,060918 \*Akış hızı<sup>2</sup> -7,20238E-003 \*Sıcaklık<sup>2</sup> -5,73970E-004 \*Akış Hızı<sup>2</sup> \*Sıcaklık +1,55574E-004 \*Akış hızı\*Sıcaklık<sup>2</sup> -1,44739E-003 \*Akış hızı<sup>3</sup> +1,46829E-004 \*Sıcaklık<sup>3</sup>

4.3. *L. monocytogenes* deneysel sonuçları için yanıt yüzey kubik modelde varyans analizi (ANOVA)  $R^2$  0,8109

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P-değeri
Model	4,54	9	0,50	2,86	0,1070
<i>A-Akış hızı</i>	2,25	1	2,25	12,77	0,0117
<i>B-sıcaklık</i>	9,057E-003	1	9,057E-003	0,051	0,8283
<i>AB</i>	7,006E-003	1	7,006E-003	0,040	0,8486
$A^2$	0,63	1	0,63	3,55	0,1086
$B^2$	0,019	1	0,019	0,11	0,7520
$A^2B$	0,41	1	0,41	2,32	0,1787
$AB^2$	0,042	1	0,042	0,24	0,6438
$A^3$	1,88	1	1,88	10,66	0,0171
$B^3$	0,074	1	0,074	0,42	0,5417
Kalıntı	1,06	6	0,18		
<i>Matematiksel forma uygunluk</i>	1,06	1	1,06		
<i>Saf hata</i>	0,000	5	0,000		
Toplam	5,60	15			

**Gerçek Faktörler Açısından Nihai Denklem:** *L. monocytogenes* = +12,99278 -3,95938\*Akış hızı +0,15683\*Sıcaklık +0,027312\*Akış hızı\*Sıcaklık +0,34694\*Akış hızı<sup>2</sup> -0,021230\* Sıcaklık<sup>2</sup> - 1,57482E-003 \*Akış Hızı<sup>2</sup> \*Sıcaklık +2,83583E-004\*Akış hızı\*Sıcaklık<sup>2</sup> -8,98393E-003\*Akış hızı<sup>3</sup> +4,33253E-004\*Sıcaklık<sup>3</sup>



4.4. *S. aureus* deneysel sonuçları için yanıt yüzey quadratik modelde varyans analizi (ANOVA) R<sup>2</sup> 0,9919

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P-değeri
Model	2,21	5	0,44	245,21	< 0,0001
<i>A-Akış hızı</i>	1,54	1	1,54	851,71	< 0,0001
<i>B-sıcaklık</i>	4,791E-003	1	4,791E-003	2,65	0,1343
<i>AB</i>	1,665E-003	1	1,665E-003	0,92	0,3594
<i>A<sup>2</sup></i>	0,34	1	0,34	188,13	< 0,0001
<i>B<sup>2</sup></i>	1,772E-003	1	1,772E-003	0,98	0,3451
Kalıntı	0,018	10	1,805E-003		
<i>Matematiksel forma uygunluk</i>	0,018	5	3,599E-003	359,94	< 0,0001
<i>Saf hata</i>	5,000E-005	5	1,000E-005		
Toplam	2,23	15			

**Gerçek Faktörler Açısından Nihai Denklem:** *S. aureus*= +0,82896 +0,25400\*Akış hızı +6,01381E-003\*Sıcaklık +2,44387E-004\*Akış hızı\*Sıcaklık -8,49048E-003\*Akış hızı<sup>2</sup> -2,30347E-004\* Sıcaklık<sup>2</sup>

4.5. *E. coli* deneysel sonuçları için yanıt yüzey kübik modelde varyans analizi (ANOVA)  
R<sup>2</sup> 0,9889

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P-değeri
Model	12,51	9	1,39	59,50	< 0,0001
<i>A-Akış hızı</i>	2,04	1	2,04	87,20	< 0,0001
<i>B-sıcaklık</i>	9,674E-003	1	9,674E-003	0,41	0,5438
<i>AB</i>	0,16	1	0,16	6,87	0,0395
<i>A<sup>2</sup></i>	0,051	1	0,051	2,16	0,1916
<i>B<sup>2</sup></i>	0,42	1	0,42	18,10	0,0054
<i>A<sup>2</sup>B</i>	0,69	1	0,69	29,34	0,0016
<i>AB<sup>2</sup></i>	0,17	1	0,17	7,09	0,0374
<i>A<sup>3</sup></i>	0,86	1	0,86	36,59	0,0009
<i>B<sup>3</sup></i>	0,080	1	0,080	3,44	0,1130
Kalıntı	0,14	6	0,023		
<i>Matematiksel forma uygunluk</i>	0,14	1	0,14		
<i>Saf hata</i>	0,000	5	0,000		
Toplam	12,65	15			

**Gerçek Faktörler Açısından Nihai Denklem:** *E.coli*= +7,30456 -2,64260\*Akış hızı +0,13790\*Sıcaklık +0,027239\*Akış hızı\*Sıcaklık +0,24262\*Akış hızı<sup>2</sup> -0,022061\* Sıcaklık<sup>2</sup> - -2,03894E-003\*Akış Hızı<sup>2</sup> \*Sıcaklık +5,64749E-004\*Akış hızı\*Sıcaklık<sup>2</sup> -6,05881E-003\*Akış hızı<sup>3</sup> +4,52211E-004\*Sıcaklık<sup>3</sup>

4.6. pH deneysel sonuçları için yanıt yüzey kubik modelde varyans analizi (ANOVA)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P-değeri
Model	4,396E-003	9	4,885E-004	779,35	< 0.0001
<i>A-Akış hızı</i>	9,932E-005	1	9,932E-005	158,46	< 0.0001
<i>B-sıcaklık</i>	6,929E-005	1	6,929E-005	110,55	< 0.0001
<i>AB</i>	7,000E-005	1	7,000E-005	111,69	< 0.0001
<i>A<sup>2</sup></i>	4,216E-006	1	4,216E-006	6,73	0.0410
<i>B<sup>2</sup></i>	1,598E-004	1	1,598E-004	254,91	< 0,0001
<i>A<sup>2</sup>B</i>	2,380E-006	1	2,380E-006	3,80	0,0992
<i>AB<sup>2</sup></i>	2,132E-006	1	2,132E-006	3,40	0,1147
<i>A<sup>3</sup></i>	5,653E-004	1	5,653E-004	901,93	< 0,0001
<i>B<sup>3</sup></i>	1,167E-004	1	1,167E-004	186,27	< 0,0001
Kalıntı	3,761E-006	6	6,268E-007	779,35	< 0,0001
<i>Matematiksel forma uygunluk</i>	3,761E-006	1	3,761E-006	158,46	< 0,0001
<i>Saf hata</i>	0,000	5	0,000		
Toplam	4,400E-003	15	4,885E-004		

**Gerçek Faktörler Açısından Nihai Denklem:**  $pH = +6,78806 - 0,061918 * \text{Akış hızı} + 0,011273 * \text{Sıcaklık} + 9,70602E-005 * \text{Akış hızı} * \text{Sıcaklık} + 5,46624E-003 * \text{Akış hızı}^2 - 8,52680E-004 * \text{Sıcaklık}^2 - 3,79907E-006 * \text{Akış Hızı}^2 * \text{Sıcaklık} + 2,02605E-006 * \text{Akış hızı} * \text{Sıcaklık}^2 - 1,55780E-004 * \text{Akış hızı}^3 + 1,72322E-005 * \text{Sıcaklık}^3$

4.7. Viskozite deneysel sonuçları için yanıt yüzey quadratik modelde varyans analizi (ANOVA)  $R^2$  0,8677

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P-değeri
Model	1,41	5	0,28	13,11	0,0004
<i>A-Akış hızı</i>	0,69	1	0,69	32,05	0,0002
<i>B-sıcaklık</i>	0,027	1	0,027	1,24	0,2922
<i>AB</i>	0,12	1	0,12	5,36	0,0431
$A^2$	0,39	1	0,39	18,04	0,0017
$B^2$	0,025	1	0,025	1,14	0,3109
Kalıntı	0,22	10	0,022		
<i>Matematiksel forma uygunluk</i>	0,22	5	0,043		
<i>Saf hata</i>	0,000	5	0,000		
Toplam	1,63	15			

**Gerçek Faktörler Açısından Nihai Denklem:** Viskozite= +2,69234 -0,19675\*Akış hızı -3,59772E-003\*Sıcaklık +2,03527E-003\*Akış hızı\*Sıcaklık +9,08568E-003\*Akış hızı<sup>2</sup>-8,57366E-004\* Sıcaklık<sup>2</sup>

4.8. L değeri deneysel sonuçları için yanıt yüzey kubik modelde varyans analizi (ANOVA)  
R<sup>2</sup> 0,9690

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P-değeri
Model	20,74	9	2,30	20,85	0,0007
6A-Akış hızı	0,36	1	0,36	3,26	0,1210
B-sıcaklık	4,46	1	4,46	40,38	0,0007
AB	0,43	1	0,43	3,86	0,0970
A <sup>2</sup>	0,019	1	0,019	0,17	0,6965
B <sup>2</sup>	0,22	1	0,22	1,96	0,2112
A <sup>2</sup> B	1,06	1	1,06	9,61	0,0211
AB <sup>2</sup>	1,057E-003	1	1,057E-003	9,562E-003	0,9253
A <sup>3</sup>	1,93	1	1,93	17,50	0,0058
B <sup>3</sup>	2,19	1	2,19	19,83	0,0043
Kalıntı	0,66	6	0,11		
Matematiksel forma uygunluk	0,66	1	0,66	1945,18	< 0,0001
Saf hata	1,700E-003	5	3,400E-004		
Toplam	21,40	15			

**Gerçek Faktörler Açısından Nihai Denklem:**  $L = +4,15762 + 2,62651 * \text{Akış hızı} - 1,36432 * \text{Sıcaklık} + 0,054339 * \text{Akış hızı} * \text{Sıcaklık} - 0,27515 * \text{Akış hızı}^2 + 0,10029 * \text{Sıcaklık}^2 - 2,53805E-003 * \text{Akış hızı}^2 * \text{Sıcaklık} - 4,51087E-005 * \text{Akış hızı} * \text{Sıcaklık}^2 + 9,11280E-003 * \text{Akış hızı}^3 - 2,36101E-003 * \text{Sıcaklık}^3$

4.9. a değeri deneysel sonuçları için yanıt yüzey lineer modelde varyans analizi (ANOVA)  
 $R^2$  0,7704

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P-değeri
Model	1383	2	6,92	21,82	< 0,0001
<i>A-Akış hızı</i>	13,81	1	13,81	43,56	< 0,0001
<i>B-sıcaklık</i>	5,857E-005	1	5,857E-005	1,847E-004	0,9894
Kalıntı	4,12	13	0,32		
<i>Matematiksel forma uygunluk</i>	4,12	8	0,52	12880,86	< 0,0001
<i>Saf hata</i>	2,000E-004	5	4,000E-005		
Toplam	17,96	15			

**Gerçek Faktörler Açısından Nihai Denklem:**  $a = +13,03556 - 0,17981 * \text{Akış hızı} - 2,30258E-004 * \text{Sıcaklık}$

4.10. b değeri deneysel sonuçları için yanıt yüzey kubik modelde varyans analizi (ANOVA)  
R<sup>2</sup> 0,9876

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P-değeri
Model	98,15	9	10,91	53,22	< 0,0001
<i>A-Akış hızı</i>	2,16	1	2,16	10,55	0,0175
<i>B-sıcaklık</i>	13,48	1	13,48	65,79	0,0002
<i>AB</i>	0,033	1	0,033	0,16	0,7021
<i>A<sup>2</sup></i>	0,038	1	0,038	0,19	0,6811
<i>B<sup>2</sup></i>	1,52	1	1,52	7,42	0,0345
<i>A<sup>2</sup>B</i>	9,93	1	9,93	48,48	0,0004
<i>AB<sup>2</sup></i>	2,05	1	2,05	10,01	0,0195
<i>A<sup>3</sup></i>	6,36	1	6,36	31,03	0,0014
<i>B<sup>3</sup></i>	6,10	1	6,10	29,78	0,0016
Kalıntı	1,23	6	0,20		
<i>Matematiksel forma uygunluk</i>	0,91	1	0,91	14,47	0,0126
<i>Saf hata</i>	0,32	5	0,063		
Toplam	99,37	15			

**Gerçek Faktörler Açısından Nihai Denklem:**  $b = +830068 + 3,94689 * \text{Akış hızı} - 2,03399 * \text{Sıcaklık} + 0,11938 * \text{Akış hızı} * \text{Sıcaklık} - 0,45394 * \text{Akış hızı}^2 + 0,14073 * \text{Sıcaklık}^2 - 7,76117E-003 * \text{Akış hızı}^2 * \text{Sıcaklık} + 1,98758E-003 * \text{Akış hızı} * \text{Sıcaklık}^2 + 0,016521 * \text{Akış hızı}^3 - 3,93959E-003 * \text{Sıcaklık}^3$

4.11.  $\Delta E$  değeri deneysel sonuçları için yanıt yüzey quadratik modelde varyans analizi (ANOVA)  $R^2$  0,7973

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P-değeri
Model	96,93	5	19,39	7,86	0,0030
<i>A-Akış hızı</i>	45,80	1	45,80	18,58	0,0015
<i>B-sıcaklık</i>	1,96	1	1,96	0,80	0,3931
<i>AB</i>	8,14	1	8,14	3,30	0,0993
<i>A<sup>2</sup></i>	5,91	1	5,91	2,40	0,1524
<i>B<sup>2</sup></i>	15,79	1	15,79	6,40	0,0298
Kalıntı	24,65	10	2,46		
<i>Matematiksel forma uygunluk</i>	24,49	5	4,90	152,63	< 0,0001
<i>Saf hata</i>	0,16	5	0,032		
Toplam	121,58	15			

**Gerçek Faktörler Açısından Nihai Denklemler:**  $\Delta E = +16,72245 - 0,90717 * \text{Akış hızı} - 0,47747 * \text{Sıcaklık} - 0,017082 * \text{Akış hızı} * \text{Sıcaklık} + 0,035436 * \text{Akış hızı}^2 + 0,021742 * \text{Sıcaklık}^2$



4.12. SYA deneysel sonuçları için yanıt yüzey lineer modelde varyans analizi (ANOVA)  
 $R^2$  0,5385

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P-değeri
Model	2.855E-003	2	1.427E-003	7.58	0.0066
<i>A-Akış hızı</i>	1.391E-003	1	1.391E-003	7.39	0.0176
<i>B-sıcaklık</i>	1.570E-003	1	1.570E-003	8.34	0.0127
Kalıntı	2.447E-003	13	1.882E-004		
<i>Matematiksel forma uygunluk</i>	2.447E-003	8	3.058E-004		
<i>Saf hata</i>	0.000	5	0.000		
Toplam	5.302E-003	15			

**Gerçek Faktörler Açısından Nihai Denklem:** SYA= +12,097-1,80406E-003\*Akış hızı +1,19207E-003\*Sıcaklık

4.13. Kolesterol deneysel sonuçları için yanıt yüzey quadratik modelde varyans analizi (ANOVA)  $R^2$  0,8786

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P-değeri
Model	185,10	5	37,02	14,48	0,0003
<i>A-Akış hızı</i>	99,57	1	99,57	38,95	< 0,0001
<i>B-sıcaklık</i>	1,26	1	1,26	0,49	0,4987
<i>AB</i>	21,64	1	21,64	8,47	0,0156
$A^2$	27,40	1	27,40	10,72	0,0084
$B^2$	3,44	1	3,44	1,34	0,2732
Kalıntı	25,57	10	2,56		
<i>Matematiksel forma uygunluk</i>	23,91	5	4,78	14,39	0,0054
<i>Saf hata</i>	1,66	5	0,33		
Toplam	210,66	15			

**Gerçek Faktörler Açısından Nihai Denklem:** Kolesterol = +34,60630 +1,85142\*Akış hızı +8,50452E-003\*Sıcaklık +0,027863\*Akış hızı\*Sıcaklık -0,076276\*Akış hızı<sup>2</sup> -0,010144\* Sıcaklık<sup>2</sup>

4.14. Vitamin D<sub>3</sub> deneysel sonuçları için yanıt yüzey quadratik modelde varyans analizi (ANOVA) R<sup>2</sup> 0,7770

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P-değeri
Model	3947,79	5	789,56	6,97	0,0048
<i>A-Akış hızı</i>	2813,89	1	2813,89	24,83	0,0006
<i>B-sıcaklık</i>	53,42	1	53,42	0,47	0,5080
<i>AB</i>	3,84	1	3,84	0,034	0,8576
<i>A<sup>2</sup></i>	1016,43	1	1016,43	8,97	0,0135
<i>B<sup>2</sup></i>	19,55	1	19,55	0,17	0,6867
Kalıntı	1133,29	10	113,33		
<i>Matematiksel forma uygunluk</i>	1133,29	5	226,66	1,133E+007	< 0,0001
<i>Saf hata</i>	1,000E-004	5	2,000E-005		
Toplam	5081,08	15			

**Gerçek Faktörler Açısından Nihai Denklem:** Vit. D<sub>3</sub>= +131,80680 -7,85064\*Akış hızı - +1,06305\*Sıcaklık -0,011742\*Akış hızı\*Sıcaklık +0,46455\*Akış hızı<sup>2</sup>-0,024193\* Sıcaklık<sup>2</sup>

4.15. Bütirik asit deneysel sonuçları için yanıt yüzey kubik modelde varyans analizi (ANOVA)  $R^2$  0,9797

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P-değeri
Model	0,36	9	0,040	32,12	0,0002
<i>A-Akış hızı</i>	0,020	1	0,020	16,17	0,0069
<i>B-sıcaklık</i>	9,145E-003	1	9,145E-003	7,40	0,0346
<i>AB</i>	2,127E-006	1	2,127E-006	1,721E-003	0,9683
$A^2$	5,530E-003	1	5,530E-003	4,48	0,0788
$B^2$	2,062E-003	1	2,062E-003	1,67	0,2439
$A^2B$	0,016	1	0,016	12,94	0,0114
$AB^2$	2,693E-003	1	2,693E-003	2,18	0,1903
$A^3$	0,039	1	0,039	31,27	0,0014
$B^3$	0,026	1	0,026	21,07	0,0037
Kalıntı	7,414E-003	6	1,236E-003		
<i>Matematiksel forma uygunluk</i>	7,414E-003	1	7,414E-003		
<i>Saf hata</i>	0,000	5	0,000		
Toplam	0,36	15			

**Gerçek Faktörler Açısından Nihai Denklem:** Bütirik asit =  $-0,59441 + 0,35544 \cdot \text{Akış hızı} - 0,12207 \cdot \text{Sıcaklık} + 5,06057E-003 \cdot \text{Akış hızı} \cdot \text{Sıcaklık} - 0,038587 \cdot \text{Akış hızı}^2 - 0,011734 \cdot \text{Sıcaklık}^2 - 3,11347E-004 \cdot \text{Akış hızı}^2 \cdot \text{Sıcaklık} + 7,20167E-005 \cdot \text{Akış hızı} \cdot \text{Sıcaklık}^2 + 1,28789E-003 \cdot \text{Akış hızı}^3 + 2,57299E-004 \cdot \text{Sıcaklık}^3$

4.16. Kaproik asit deneysel sonuçları için yanıt yüzey kubik modelde varyans analizi (ANOVA)  $R^2$  0,9986

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P-değeri
Model	1,29	9	0,14	478,57	< 0,0001
<i>A-Akış hızı</i>	0,20	1	0,20	678,85	< 0,0001
<i>B-sıcaklık</i>	0,073	1	0,073	243,44	< 0,0001
<i>AB</i>	3,598E-004	1	3,598E-004	1,20	0,3152
$A^2$	0,48	1	0,48	1601,06	< 0,0001
$B^2$	4,481E-004	1	4,481E-004	1,50	0,2672
$A^2B$	4,916E-004	1	4,916E-004	1,64	0,2475
$AB^2$	7,687E-003	1	7,687E-003	25,65	0,0023
$A^3$	0,21	1	0,21	702,36	< 0,0001
$B^3$	0,089	1	0,089	296,55	< 0,0001
Kalıntı	1,798E-003	6	2,997E-004		
<i>Matematiksel forma uygunluk</i>	1,796E-003	1	1,796E-003	4489,79	< 0,0001
<i>Saf hata</i>	2,000E-006	5	4,000E-007		
Toplam	1,29	15			

**Gerçek Faktörler Açısından Nihai Denklem:** Kaproik asit =  $+5,62876 -1,35196 \cdot \text{Akış hızı} - 0,29682 \cdot \text{Sıcaklık} - 2,42758E-003 \cdot \text{Akış hızı} \cdot \text{Sıcaklık} + 0,11689 \cdot \text{Akış hızı}^2 - 0,022213 \cdot \text{Sıcaklık}^2 - 5,45993E-005 \cdot \text{Akış hızı}^2 \cdot \text{Sıcaklık} + 1,21662E-004 \cdot \text{Akış hızı} \cdot \text{Sıcaklık}^2 - 3,00579E-003 \cdot \text{Akış hızı}^3 + 4,75416E-004 \cdot \text{Sıcaklık}^3$

4.17. Kaprilik asit deneysel sonuçları için yanıt yüzey kubik modelde varyans analizi (ANOVA)  $R^2$  0,9917

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P-değeri
Model	1,11	9	0,12	80,05	< 0,0001
<i>A-Akış hızı</i>	0,21	1	0,21	134,09	< 0,0001
<i>B-sıcaklık</i>	0,20	1	0,20	129,30	< 0,0001
<i>AB</i>	0,32	1	0,32	207,43	< 0,0001
$A^2$	0,057	1	0,057	36,74	0,0009
$B^2$	0,085	1	0,085	54,91	0,0003
$A^2B$	0,44	1	0,44	287,63	< 0,0001
$AB^2$	0,040	1	0,040	25,78	0,0023
$A^3$	0,17	1	0,17	108,31	< 0,0001
$B^3$	0,012	1	0,012	7,56	0,0333
Kalıntı	9,242E-003	6	1,540E-003		
<i>Matematiksel forma uygunluk</i>	9,117E-003	1	9,117E-003	364,68	< 0,0001
<i>Saf hata</i>	1,250E-004	5	2,500E-005		
Toplam	1,12	15			

**Gerçek Faktörler Açısından Nihai Denklem:** Kaprilik asit =  $+7,36896 - 1,46416 * \text{Akış hızı} - 0,16366 * \text{Sıcaklık} + 0,025056 * \text{Akış hızı} * \text{Sıcaklık} + 0,12035 * \text{Akış hızı}^2 + 6,14193E-003 * \text{Sıcaklık}^2 - 1,63910E-003 * \text{Akış hızı}^2 * \text{Sıcaklık} + 2,76549E-004 * \text{Akış hızı} * \text{Sıcaklık}^2 - 2,67620E-003 * \text{Akış hızı}^3 - 1,72104E-004 * \text{Sıcaklık}^3$

4.18. Nonanoik asit deneysel sonuçları için yanıt yüzey kubik modelde varyans analizi (ANOVA)  $R^2$  0,9998

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P-değeri
Model	1,150E-003	9	1,278E-004	87788,21	< 0,0001
<i>A-Akış hızı</i>	2,490E-005	1	2,490E-005	17105,96	< 0,0001
<i>B-sıcaklık</i>	2,446E-005	1	2,446E-005	16807,88	< 0,0001
<i>AB</i>	1,846E-005	1	1,846E-005	12682,28	< 0,0001
<i>A<sup>2</sup></i>	3,753E-004	1	3,753E-004	2,578E+005	< 0,0001
<i>B<sup>2</sup></i>	7,861E-006	1	7,861E-006	5400,92	< 0,0001
<i>A<sup>2</sup>B</i>	2,228E-005	1	2,228E-005	15307,29	< 0,0001
<i>AB<sup>2</sup></i>	1,213E-005	1	1,213E-005	8331,94	< 0,0001
<i>A<sup>3</sup></i>	3,731E-005	1	3,731E-005	25631,40	< 0,0001
<i>B<sup>3</sup></i>	4,325E-005	1	4,325E-005	29714,18	< 0,0001
Kalıntı	8,733E-009	6	1,456E-009		
<i>Matematiksel forma uygunluk</i>	8,733E-009	1	8,733E-009		
<i>Saf hata</i>	0,000	5	0,000		
Toplam	1,150E-003	15			

**Gerçek Faktörler Açısından Nihai Denklem:** Nonanoik asit =  $+0,031145+3,24752E-003*$  Akış hızı  $+5,00234E-003*$  Sıcaklık  $+1,62343E-004*$  Akış hızı\*Sıcaklık  $-8,65359E-004*$  Akış hızı<sup>2</sup>  $-4,94119E-004 * Sıcaklık^2$   $-1,16235E-005*$  Akış hızı<sup>2</sup> \*Sıcaklık  $+4,83244E-006*$  Akış hızı\*Sıcaklık<sup>2</sup>  $+4,00188E-005* Akış hızı^3$   $+1,04883E-005*Sıcaklık^3$

4.19. Kaprik asit deneysel sonuçları için yanıt yüzey kubik modelde varyans analizi (ANOVA)  $R^2$  0,9947

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P-değeri
Model	11,07	9	1,23	125,31	< 0,0001
<i>A-Akış hızı</i>	2,33	1	2,33	237,48	< 0,0001
<i>B-sıcaklık</i>	1,29	1	1,29	131,88	< 0,0001
<i>AB</i>	0,21	1	0,21	21,13	0,0037
$A^2$	0,82	1	0,82	83,75	< 0,0001
$B^2$	0,10	1	0,10	10,36	0,0182
$A^2B$	0,019	1	0,019	1,94	0,2126
$AB^2$	0,16	1	0,16	16,12	0,0070
$A^3$	4,83	1	4,83	491,91	< 0,0001
$B^3$	1,33	1	1,33	135,90	< 0,0001
Kalıntı	0,059	6	9,812E-003		
<i>Matematiksel forma uygunluk</i>	0,040	1	0,040	10,68	0,0223
<i>Saf hata</i>	0,019	5	3,755E-003		
Toplam	11,12	15			

**Gerçek Faktörler Açısından Nihai Denklem:** Kaprik asit = +15,98976 -4,99605\*Akış hızı +1,13905\*Sıcaklık -4,45521E-003\*Akış hızı\*Sıcaklık +0,48530\*Akış hızı<sup>2</sup> -0,088469\* Sıcaklık<sup>2</sup> -3,40143E-004\*Akış hızı<sup>2</sup> \*Sıcaklık +5,51837E-004\*Akış hızı\*Sıcaklık<sup>2</sup> -0,014394\* Akış hızı<sup>3</sup> +1,84163E-003\*Sıcaklık<sup>3</sup>



4.20. Undekanoik asit deneysel sonuçları için yanıt yüzey kubik modelde varyans analizi (ANOVA)  $R^2$  0,9990

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P-değeri
Model	0,041	9	4,603E-003	658,76	< 0,0001
<i>A-Akış hızı</i>	5,386E-005	1	5,386E-005	7,71	0,0322
<i>B-sıcaklık</i>	4,175E-003	1	4,175E-003	597,42	< 0,0001
<i>AB</i>	6,361E-004	1	6,361E-004	91,03	< 0,0001
$A^2$	5,107E-003	1	5,107E-003	730,78	< 0,0001
$B^2$	3,764E-005	1	3,764E-005	5,39	0,0594
$A^2B$	4,556E-005	1	4,556E-005	6,52	0,0433
$AB^2$	9,102E-005	1	9,102E-005	13,03	0,0112
$A^3$	9,427E-004	1	9,427E-004	134,90	< 0,0001
$B^3$	4,962E-003	1	4,962E-003	710,00	< 0,0001
Kalıntı	4,193E-005	6	6,988E-006		
<i>Matematiksel forma uygunluk</i>	3,743E-005	1	3,743E-005	41,59	0,0013
<i>Saf hata</i>	4,500E-006	5	9,000E-007		
Toplam	0,041	15			

**Gerçek Faktörler Açısından Nihai Denklem:** Undekanoik asit =  $+0,22910 -0,063601 \cdot \text{Akış hızı} +0,052932 \cdot \text{Sıcaklık} +9,72529E-004 \cdot \text{Akış hızı} \cdot \text{Sıcaklık} +5,90215E-003 \cdot \text{Akış hızı}^2 -4,77317E-003 \cdot \text{Sıcaklık}^2 -1,66211E-005 \cdot \text{Akış hızı}^2 \cdot \text{Sıcaklık} -1,32393E-005 \cdot \text{Akış hızı} \cdot \text{Sıcaklık}^2 -2,01168E-004 \cdot \text{Akış hızı}^3 +1,12338E-004 \cdot \text{Sıcaklık}^3$

4.21. Laurik asit deneysel sonuçları için yanıt yüzey kubik modelde varyans analizi (ANOVA)  $R^2$  0,9933

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P-değeri
Model	1,86	9	0,21	98,45	< 0,0001
<i>A-Akış hızı</i>	0,066	1	0,066	31,43	0,0014
<i>B-sıcaklık</i>	0,15	1	0,15	71,00	0,0002
<i>AB</i>	0,028	1	0,028	13,21	0,0109
$A^2$	0,54	1	0,54	259,35	< 0,0001
$B^2$	6,795E-003	1	6.795E-003	3,24	0,1221
$A^2B$	0,11	1	0,11	50,71	0,0004
$AB^2$	0,025	1	0,025	11,96	0,0135
$A^3$	0,026	1	0,026	12,52	0,0123
$B^3$	0,22	1	0,22	105,85	< 0,0001
Kalıntı	0,013	6	2,100E-003		
<i>Matematiksel forma uygunluk</i>	0,012	1	0,012	554.98	< 0.0001
<i>Saf hata</i>	1,125E-004	5	2,250E-005		
Toplam	1,87	15			

**Gerçek Faktörler Açısından Nihai Denklem:** Laurik asit =  $+7,53877 -0,86110 \cdot \text{Akış hızı} +0,38178 \cdot \text{Sıcaklık} +0,010743 \cdot \text{Akış hızı} \cdot \text{Sıcaklık} +0,061506 \cdot \text{Akış hızı}^2 -0,034716 \cdot \text{Sıcaklık}^2 -8,03564E-004 \cdot \text{Akış hızı}^2 \cdot \text{Sıcaklık} +2,19891E-004 \cdot \text{Akış hızı} \cdot \text{Sıcaklık}^2 -1,06217E-003 \cdot \text{Akış hızı}^3 +7,51908E-004 \cdot \text{Sıcaklık}^3$

4.22. Miristik asit deneysel sonuçları için yanıt yüzey kubik modelde varyans analizi (ANOVA)  $R^2$  0,9510

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P-değeri
Model	174,58	9	19,40	12,95	0,0028
<i>A-Akış hızı</i>	4,43	1	4,43	2,96	0,1363
<i>B-sıcaklık</i>	7,07	1	7,07	4,72	0,0728
<i>AB</i>	5,78	1	5,78	3,86	0,0970
$A^2$	12,03	1	12,03	8,03	0,0298
$B^2$	0,19	1	0,19	0,13	0,7338
$A^2B$	5,43	1	5,43	3,63	0,1055
$AB^2$	2,54	1	2,54	1,70	0,2405
$A^3$	8,78	1	8,78	5,86	0,0517
$B^3$	11,75	1	11,75	7,85	0,0311
Kalıntı	8,99	6	1,50		
<i>Matematiksel forma uygunluk</i>	8,90	1	8,90	514,57	< 0,0001
<i>Saf hata</i>	0,086	5	0,017		
Toplam	183,56	15			

**Gerçek Faktörler Açısından Nihai Denklem:** Miristik asit =  $+32,10095 - 3,99982 \cdot \text{Akış hızı} - 2,86676 \cdot \text{Sıcaklık} - 0,087532 \cdot \text{Akış hızı} \cdot \text{Sıcaklık} + 0,52460 \cdot \text{Akış hızı}^2 + 0,26603 \cdot \text{Sıcaklık}^2 + 5,73942 \cdot 10^{-3} \cdot \text{Akış hızı}^2 \cdot \text{Sıcaklık} - 2,21199 \cdot 10^{-3} \cdot \text{Akış hızı} \cdot \text{Sıcaklık}^2 - 0,019418 \cdot \text{Akış hızı}^3 - 5,46750 \cdot 10^{-3} \cdot \text{Sıcaklık}^3$

4.23. Pentadekanoik asit deneysel sonuçları için yanıt yüzey kubik modelde varyans analizi (ANOVA)  $R^2$  0,9628

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P-değeri
Model	0,079	9	8,743E-003	17,25	0,0013
<i>A-Akış hızı</i>	6,039E-003	1	6,039E-003	11,91	0,0136
<i>B-sıcaklık</i>	3,399E-003	1	3,399E-003	6,71	0,0412
<i>AB</i>	7,488E-006	1	7,488E-006	0,015	0,9072
$A^2$	3,399E-003	1	3,399E-003	6,71	0,0412
$B^2$	3,093E-004	1	3,093E-004	0,61	0,4644
$A^2B$	8,600E-003	1	8,600E-003	16,97	0,0062
$AB^2$	8,841E-004	1	8,841E-004	1,74	0,2347
$A^3$	7,652E-004	1	7,652E-004	1,51	0,2652
$B^3$	0,013	1	0,013	24,84	0,0025
Kalıntı	3,041E-003	6	5,069E-004		
<i>Matematiksel forma uygunluk</i>	2,856E-003	1	2,856E-003	76,97	0,0003
<i>Saf hata</i>	1,855E-004	5	3,710E-005		
Toplam	0,082	15			

**Gerçek Faktörler Açısından Nihai Denklem:** Pentadekanoik asit = +0,52002 -8,08939E-003\*Akış hızı -0,083880\*Sıcaklık -4,07824E-003\*Akış hızı\*Sıcaklık +3,98493E-003\*Akış hızı<sup>2</sup> +8,14809E-003\* Sıcaklık<sup>2</sup> +2,28366E-004\*Akış hızı<sup>2</sup> \*Sıcaklık -4,12606E-005\*Akış hızı\*Sıcaklık<sup>2</sup> -1,81237E-004\* Akış hızı<sup>3</sup> -1,78956E-004\*Sıcaklık<sup>3</sup>

4.24. Palmitik asit deneysel sonuçları için yanıt yüzey kubik modelde varyans analizi (ANOVA)  $R^2$  0,8802

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P-değeri
Model	39,05	9	4,34	4,90	0,0333
<i>A-Akış hızı</i>	1,91	1	1,91	2,16	0,1924
<i>B-sıcaklık</i>	16,59	1	16,59	18,72	0,0049
<i>AB</i>	6,46	1	6,46	7,29	0,0356
$A^2$	16,87	1	16,87	19,04	0,0048
$B^2$	0,017	1	0,017	0,019	0,8939
$A^2B$	1,14	1	1,14	1,29	0,3001
$AB^2$	0,49	1	0,49	0,55	0,4846
$A^3$	5,12	1	5,12	5,78	0,0530
$B^3$	24,14	1	24,14	27,25	0,0020
Kalıntı	5,32	6	0,89		
<i>Matematiksel forma uygunluk</i>	5,06	1	5,06	97,34	0,0002
<i>Saf hata</i>	0,26	5	0,052		
Toplam	44,37	15			

**Gerçek Faktörler Açısından Nihai Denklem:** Palmitik asit = +20,60672 +4,81060\*Akış hızı - 4,02221\*Sıcaklık -0,053039\*Akış hızı\*Sıcaklık -0,47624\*Akış hızı<sup>2</sup>+0,35124\* Sıcaklık<sup>2</sup> +2,62857E-003\*Akış hızı<sup>2</sup> \*Sıcaklık -9,72762E-004\*Akış hızı\*Sıcaklık<sup>2</sup> +0,014830\* Akış hızı<sup>3</sup> -7,83623E-003\*Sıcaklık<sup>3</sup>

4.25. Heptadekanoik asit deneysel sonuçları için yanıt yüzey kubik modelde varyans analizi (ANOVA)  $R^2$  0,8909

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P-değeri
Model	5,78	9	0,64	5,45	0,0259
<i>A-Akış hızı</i>	0,14	1	0,14	1,17	0,3209
<i>B-sıcaklık</i>	0,48	1	0,48	4,04	0,0910
<i>AB</i>	0,15	1	0,15	1,25	0,3070
$A^2$	5,550E-004	1	5,550E-004	4,708E-003	0,9475
$B^2$	1,314E-003	1	1,314E-003	0,011	0,9194
$A^2B$	0,015	1	0,015	0,13	0,7294
$AB^2$	1,657E-003	1	1,657E-003	0,014	0,9095
$A^3$	0,39	1	0,39	3,31	0,1185
$B^3$	0,62	1	0,62	5,25	0,0618
Kalıntı	0,71	6	0,12		
<i>Matematiksel forma uygunluk</i>	0,71	1	0,71	5604,15	< 0,0001
<i>Saf hata</i>	6,305E-004	5	1,261E-004		
Toplam	6,49	15			

**Gerçek Faktörler Açısından Nihai Denklemler:** Heptadekanoik asit =  $-5,12118 + 1,38372 \cdot \text{Akış hızı} + 0,63292 \cdot \text{Sıcaklık} + 8,54699E-003 \cdot \text{Akış hızı} \cdot \text{Sıcaklık} - 0,13643 \cdot \text{Akış hızı}^2 - 0,055469 \cdot \text{Sıcaklık}^2 - 3,06512E-004 \cdot \text{Akış hızı}^2 \cdot \text{Sıcaklık} + 5,64817E-005 \cdot \text{Akış hızı} \cdot \text{Sıcaklık}^2 + 4,09541E-003 \cdot \text{Akış hızı}^3 + 1,25495E-003 \cdot \text{Sıcaklık}^3$

4.26. Stearik asit deneysel sonuçları için yanıt yüzey quadratik modelde varyans analizi (ANOVA)  $R^2$  0,7462

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P-değeri
Model	12,61	5	2,52	5,88	0,0087
<i>A-Akış hızı</i>	6,47	1	6,47	15,07	0,0030
<i>B-sıcaklık</i>	1,07	1	1,07	2,49	0,1455
<i>AB</i>	0,31	1	0,31	0,72	0,4154
<i>A<sup>2</sup></i>	1,92	1	1,92	4,47	0,0607
<i>B<sup>2</sup></i>	1,41	1	1,41	3,29	0,0996
Kalıntı	4,29	10	0,43		
<i>Matematiksel forma uygunluk</i>	4,29	5	0,86	11770,16	< 0,0001
<i>Saf hata</i>	3,645E-004	5	7,290E-005		
Toplam	16,90	15			

**Gerçek Faktörler Açısından Nihai Denklem:** Stearik asit = +7.13834 -0.38462\*Akış hızı +0.18234\*Sıcaklık +3.33344E-003\*Akış hızı\*Sıcaklık +0.020173\*Akış hızı<sup>2</sup> -6.50478E-003\*Sıcaklık<sup>2</sup>

4.27. 6-Nonanoik asit deneysel sonuçları için yanıt yüzey kubik modelde varyans analizi (ANOVA)  $R^2$  0,8684

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P-değeri
Model	0,034	9	3,737E-003	4,40	0,0426
<i>A-Akış hızı</i>	4,921E-004	1	4,921E-004	0,58	0,4755
<i>B-sıcaklık</i>	6,225E-003	1	6,225E-003	7,33	0,0353
<i>AB</i>	2,176E-003	1	2,176E-003	2,56	0,1606
$A^2$	2,559E-003	1	2,559E-003	3,01	0,1333
$B^2$	1,876E-003	1	1,876E-003	2,21	0,1879
$A^2B$	0,011	1	0,011	13,41	0,0105
$AB^2$	4,469E-004	1	4,469E-004	0,53	0,4956
$A^3$	5,885E-004	1	5,885E-004	0,69	0,4371
$B^3$	4,182E-004	1	4,182E-004	0,49	0,5092
Kalıntı	5,098E-003	6	8,496E-004		
<i>Matematiksel forma uygunluk</i>	5,085E-003	1	5,085E-003	1955,62	< 0,0001
<i>Saf hata</i>	1,300E-005	5	2,600E-006		
Toplam	0,039	15			

**Gerçek Faktörler Açısından Nihai Denklem:** 6-Nonanoik asit = +0,18539 +2,20339E-003\*Akış hızı -0,036806\*Sıcaklık +4,81398E-003\*Akış hızı\*Sıcaklık -2,57705E-003\*Akış hızı<sup>2</sup> +1,35467E-003\*Sıcaklık<sup>2</sup> -2,62883E-004\*Akış hızı<sup>2</sup>\*Sıcaklık +2,93356E-005\*Akış hızı\*Sıcaklık<sup>2</sup> +1,58937E-004\*Akış hızı<sup>3</sup> -3,26132E-005\*Sıcaklık<sup>3</sup>



4.28. Miristoleik asit deneysel sonuçları için yanıt yüzey quadratik modelde varyans analizi (ANOVA)  $R^2$  0,8642

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P-değeri
Model	2,79	5	0,56	12,73	0,0005
<i>A-Akış hızı</i>	1,86	1	1,86	42,56	< 0,0001
<i>B-sıcaklık</i>	0,039	1	0,039	0,90	0,3658
<i>AB</i>	0,065	1	0,065	1,48	0,2522
<i>A<sup>2</sup></i>	0,43	1	0,43	9,82	0,0106
<i>B<sup>2</sup></i>	0,10	1	0,10	2,30	0,1600
Kalıntı	0,44	10	0,044		
<i>Matematiksel forma uygunluk</i>	0,44	5	0,088	4708,86	< 0,0001
<i>Saf hata</i>	9,300E-005	5	1,860E-005		
Toplam	3,23	15			

**Gerçek Faktörler Açısından Nihai Denklem:** Miristoleik asit = +0,71873 +0,17337\*Akış hızı - 0,039036\*Sıcaklık -1,52334E-003\*Akış hızı\*Sıcaklık -9,55854E-003\*Akış hızı<sup>2</sup> +1,73838E-003\*Sıcaklık<sup>2</sup>

4.29. Metil 12-metil teradekanoat asit deneysel sonuçları için yanıt yüzey quadratik modelde varyans analizi (ANOVA)  $R^2$  0,7177

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P-değeri
Model	0,064	5	0.013	5,08	0,0141
<i>A-Akış hızı</i>	9,982E-003	1	9,982E-003	3,98	0,0741
<i>B-sıcaklık</i>	8,917E-003	1	8,917E-003	3,55	0,0888
<i>AB</i>	2,726E-008	1	2,726E-008	1,086E-005	0,9974
$A^2$	0,041	1	0,041	16,53	0,0023
$B^2$	6,497E-003	1	6,497E-003	2,59	0,1387
Kalıntı	0,025	10	2,510E-003		
<i>Matematiksel forma uygunluk</i>	0,019	5	3,712E-003	2,84	0,1385
<i>Saf hata</i>	6,540E-003	5	1,308E-003		
Toplam	0,089	15			

**Gerçek Faktörler Açısından Nihai Denklem:** Metil 12-metil teradekanoat asit =  $-0.030216 + 0.063258 * \text{Akış hızı} + 0.015727 * \text{Sıcaklık} - 9.88889E-007 * \text{Akış hızı} * \text{Sıcaklık} - 2.96787E-003 * \text{Akış hızı}^2 - 4.41053E-004 * \text{Sıcaklık}^2$

4.30. Palmitoleik asit deneysel sonuçları için yanıt yüzey 2FI modelde varyans analizi (ANOVA)  $R^2$  0,5839

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P-değeri
Model	1,68	3	0,56	5,61	0,0122
<i>A-Akış hızı</i>	0,81	1	0,81	8,06	0,0149
<i>B-sıcaklık</i>	0,34	1	0,34	3,42	0,0891
<i>AB</i>	0,40	1	0,40	3,99	0,0688
Kalıntı	1,20	12	0,10		
<i>Matematiksel forma uygunluk</i>	1,20	7	0,17	466,66	< 0,0001
<i>Saf hata</i>	1,835E-003	5	3,670E-004		
Toplam	2,89	15			

**Gerçek Faktörler Açısından Nihai Denklem:** Palmitoleik asit = +0,78863 -8,61915E-003\*Akış hızı -0,023865\*Sıcaklık +3,62183E-003\*Akış hızı\*Sıcaklık

4.31. Oleik asit deneysel sonuçları için yanıt yüzey kubik modelde varyans analizi (ANOVA)  
R<sup>2</sup> 0,9594

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P-değeri
Model	61,40	9	6,82	15,75	0,0016
<i>A-Akış hızı</i>	0,13	1	0,13	0,31	0,5991
<i>B-sıcaklık</i>	13,63	1	13,63	31,47	0,0014
<i>AB</i>	9,87	1	9,87	22,78	0,0031
<i>A<sup>2</sup></i>	15,84	1	15,84	36,56	0,0009
<i>B<sup>2</sup></i>	0,023	1	0,023	0,053	0,8253
<i>A<sup>2</sup>B</i>	0,39	1	0,39	0,91	0,3769
<i>AB<sup>2</sup></i>	0,062	1	0,062	0,14	0,7172
<i>A<sup>3</sup></i>	0,48	1	0,48	1,11	0,3335
<i>B<sup>3</sup></i>	11,45	1	11,45	26,44	0,0021
Kalıntı	2,60	6	0,43		
<i>Matematiksel forma uygunluk</i>	2,59	1	2,59	2592,91	< 0,0001
<i>Saf hata</i>	5,002E-003	5	1,000E-003		
Toplam	64.00	15			

**Gerçek Faktörler Açısından Nihai Denklem:** Oleik asit = +19,07107 +2,38221\*Akış hızı +2,18596\*Sıcaklık +0,071320\*Akış hızı\*Sıcaklık -0,20525\*Akış hızı<sup>2</sup> -0,22983\* Sıcaklık<sup>2</sup> - 1,54639E-003\*Akış hızı<sup>2</sup> \*Sıcaklık -3,46838E-004\*Akış hızı\*Sıcaklık<sup>2</sup> +4,53467E-003\* Akış hızı<sup>3</sup> +5,39725E-003\*Sıcaklık<sup>3</sup>

4.32. Linoleik asit deneysel sonuçları için yanıt yüzey kubik modelde varyans analizi (ANOVA)  $R^2$  0,9523

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P-değeri
Model	2,46	9	0,27	13,31	0,0026
<i>A-Akış hızı</i>	0,033	1	0,033	1,62	0,2504
<i>B-sıcaklık</i>	0,13	1	0,13	6,53	0,0432
<i>AB</i>	0,16	1	0,16	7,81	0,0314
$A^2$	5,786E-007	1	5,786E-007	2,820E-005	0,9959
$B^2$	2,572E-003	1	2,572E-003	0,13	0,7354
$A^2B$	0,024	1	0,024	1,15	0,3246
$AB^2$	0,045	1	0,045	2,19	0,1897
$A^3$	0,072	1	0,072	3,51	0,1101
$B^3$	0,23	1	0,23	11,33	0,0151
Kalıntı	0,12	6	0,021		
<i>Matematiksel forma uygunluk</i>	0,12	1	0,12	34194,85	< 0,0001
<i>Saf hata</i>	1,800E-005	5	3,600E-006		
Toplam	2,58	15			

**Gerçek Faktörler Açısından Nihai Denklem:** Linoleik asit =  $-1,80194 + 0,53936 \cdot \text{Akış hızı} + 0,42904 \cdot \text{Sıcaklık} + 3,45417E-003 \cdot \text{Akış hızı} \cdot \text{Sıcaklık} - 0,055209 \cdot \text{Akış hızı}^2 - 0,036509 \cdot \text{Sıcaklık}^2 - 3,78441E-004 \cdot \text{Akış hızı}^2 \cdot \text{Sıcaklık} + 2,93934E-004 \cdot \text{Akış hızı} \cdot \text{Sıcaklık}^2 + 1,75891E-003 \cdot \text{Akış hızı}^3 + 7,68939E-004 \cdot \text{Sıcaklık}^3$

4.33. Gama-Linolenik asit deneysel sonuçları için yanıt yüzey kubik modelde varyans analizi (ANOVA)  $R^2$  0,9783

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P-değeri
Model	1,44	9	0,16	30,06	0,0003
<i>A-Akış hızı</i>	2,148E-003	1	2,148E-003	0,40	0,5491
<i>B-sıcaklık</i>	7,869E-003	1	7,869E-003	1,48	0,2701
<i>AB</i>	0,061	1	0,061	11,50	0,0147
$A^2$	0,12	1	0,12	21,88	0,0034
$B^2$	1,212E-004	1	1,212E-004	0,023	0,8851
$A^2B$	0,12	1	0,12	23,05	0,0030
$AB^2$	1,262E-003	1	1,262E-003	0,24	0,6439
$A^3$	0,029	1	0,029	5,44	0,0585
$B^3$	0,040	1	0,040	7,47	0,0340
Kalıntı	0,032	6	5,334E-003		
<i>Matematiksel forma uygunluk</i>	0,032	1	0,032	1436,66	< 0,0001
<i>Saf hata</i>	1,110E-004	5	2,220E-005		
Toplam	1,48	15			

**Gerçek Faktörler Açısından Nihai Denklem:** Gama-Linoleik asit =  $+0,48806 + 0,044983 \cdot \text{Akış hızı} + 0,081728 \cdot \text{Sıcaklık} + 0,019263 \cdot \text{Akış hızı} \cdot \text{Sıcaklık} - 0,019856 \cdot \text{Akış hızı}^2 - 0,013355 \cdot \text{Sıcaklık}^2 - 8,63434E-004 \cdot \text{Akış hızı}^2 \cdot \text{Sıcaklık} - 4,93038E-005 \cdot \text{Akış hızı} \cdot \text{Sıcaklık}^2 + 1,11566E-003 \cdot \text{Akış hızı}^3 + 3,18455E-004 \cdot \text{Sıcaklık}^3$

4.34. Linolenik asit deneysel sonuçları için yanıt yüzey kubik modelde varyans analizi (ANOVA)  $R^2$  0,9287

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P-değeri
Model	0,42	9	0,047	8,68	0,0080
<i>A-Akış hızı</i>	0,015	1	0,015	2,86	0,1419
<i>B-sıcaklık</i>	0,022	1	0,022	4,01	0,0920
<i>AB</i>	0,023	1	0,023	4,37	0,0815
$A^2$	6,205E-003	1	6,205E-003	1,16	0,3234
$B^2$	2,554E-003	1	2,554E-003	0,48	0,5159
$A^2B$	3,293E-003	1	3,293E-003	0,61	0,4630
$AB^2$	6,577E-004	1	6,577E-004	0,12	0,7381
$A^3$	0,044	1	0,044	8,21	0,0286
$B^3$	0,012	1	0,012	2,23	0,1863
Kalıntı	0,032	6	5,362E-003		
<i>Matematiksel forma uygunluk</i>	0,032	1	0,032	4657,20	< 0,0001
<i>Saf hata</i>	3,450E-005	5	6,900E-006		
Toplam	0,45	15			

**Gerçek Faktörler Açısından Nihai Denklem:** Linolenik asit =  $-1,41439 + 0,50264 \cdot \text{Akış hızı} + 0,088728 \cdot \text{Sıcaklık} - 9,65499E-004 \cdot \text{Akış hızı} \cdot \text{Sıcaklık} - 0,048070 \cdot \text{Akış hızı}^2 - 7,48946E-003 \cdot \text{Sıcaklık}^2 + 1,41307E-004 \cdot \text{Akış hızı}^2 \cdot \text{Sıcaklık} - 3,55890E-005 \cdot \text{Akış hızı} \cdot \text{Sıcaklık}^2 + 1,37480E-003 \cdot \text{Akış hızı}^3 + 1,74247E-004 \cdot \text{Sıcaklık}^3$

4.35. Karbon disülfid deneysel sonuçları için yanıt yüzey 2FI modelde varyans analizi (ANOVA)  $R^2$  0,9121

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P-değeri
Model	3,52	3	1,17	41,50	< 0,0001
<i>A-Akış hızı</i>	2,96	1	2,96	104,67	< 0,0001
<i>B-sıcaklık</i>	0,18	1	0,18	6,33	0,0271
<i>AB</i>	0,14	1	0,14	4,89	0,0472
Kalıntı	0,34	12	0,028		
<i>Matematiksel forma uygunluk</i>	0,34	7	0,048	185,55	< 0,0001
<i>Saf hata</i>	1,300E-003	5	2,600E-004		
Toplam	3,86	15			

**Gerçek Faktörler Açısından Nihai Denklem:** Karbon disülfid = +1,68331 -0,053177\*Akış hızı +0,037334\*Sıcaklık -2,12898E-003\*Akış hızı\*Sıcaklık



4.36. 3-metil bütanal deneysel sonuçları için yanıt yüzey kubik modelde varyans analizi (ANOVA) R<sup>2</sup> 0,9980

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P-değeri
Model	21,15	9	2,35	330,98	< 0,0001
<i>A-Akış hızı</i>	0,020	1	0,020	2,77	0,1470
<i>B-sıcaklık</i>	5,158E-004	1	5,158E-004	0,073	0,7965
<i>AB</i>	0,21	1	0,21	29,15	0,0017
<i>A<sup>2</sup></i>	2,45	1	2,45	345,71	< 0,0001
<i>B<sup>2</sup></i>	0,010	1	0,010	1,42	0,2783
<i>A<sup>2</sup>B</i>	0,030	1	0,030	4,29	0,0837
<i>AB<sup>2</sup></i>	0,021	1	0,021	2,89	0,1400
<i>A<sup>3</sup></i>	0,26	1	0,26	36,60	0,0009
<i>B<sup>3</sup></i>	5,271E-004	1	5,271E-004	0,074	0,7944
Kalıntı	0,043	6	7,099E-003		
<i>Matematiksel forma uygunluk</i>	0,039	1	0,039	49,61	0,0009
<i>Saf hata</i>	3,900E-003	5	7,800E-004		
Toplam	21,19	15			

**Gerçek Faktörler Açısından Nihai Denklemler:** 3-metil bütanal = +11,22083 -2,24515\*Akış hızı - 0,16476\*Sıcaklık +0,019372\*Akış hızı\*Sıcaklık +0,14949\*Akış hızı<sup>2</sup> +1,32742E-003\* Sıcaklık<sup>2</sup> - 4,29817E-004\*Akış hızı<sup>2</sup> \*Sıcaklık -1,98803E-004\*Akış hızı\*Sıcaklık<sup>2</sup> -3,33961E-003\* Akış hızı<sup>3</sup> +3,66146E-005\*Sıcaklık<sup>3</sup>

4.37. 2-metil bütanal deneysel sonuçları için yanıt yüzey kubik modelde varyans analizi (ANOVA)  $R^2$  0,9906

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P-değeri
Model	0,19	9	0,021	70,43	< 0,0001
<i>A-Akış hızı</i>	0,034	1	0,034	116,82	< 0,0001
<i>B-sıcaklık</i>	0,010	1	0,010	34,94	0,0010
<i>AB</i>	1,485E-004	1	1,485E-004	0,50	0,5042
$A^2$	7,788E-003	1	7,788E-003	26,45	0,0021
$B^2$	1,988E-003	1	1,988E-003	6,75	0,0407
$A^2B$	3,587E-004	1	3,587E-004	1,22	0,3120
$AB^2$	4,467E-004	1	4,467E-004	1,52	0,2641
$A^3$	0,017	1	0,017	59,33	0,0003
$B^3$	0,011	1	0,011	38,09	0,0008
Kalıntı	1,766E-003	6	2,944E-004		
<i>Matematiksel forma uygunluk</i>	1,266E-003	1	1,266E-003	12,66	0,0162
<i>Saf hata</i>	5,000E-004	5	1,000E-004		
Toplam	0,19	15			

**Gerçek Faktörler Açısından Nihai Denklem:** 2-metil bütanal =  $-0,19135 + 0,27032 \cdot \text{Akış hızı} - 0,10136 \cdot \text{Sıcaklık} - 3,21797E-004 \cdot \text{Akış hızı} \cdot \text{Sıcaklık} - 0,028972 \cdot \text{Akış hızı}^2 + 7,96497E-003 \cdot \text{Sıcaklık}^2 + 4,66374E-005 \cdot \text{Akış hızı}^2 \cdot \text{Sıcaklık} - 2,93289E-005 \cdot \text{Akış hızı} \cdot \text{Sıcaklık}^2 + 8,65944E-004 \cdot \text{Akış hızı}^3 - 1,68879E-004 \cdot \text{Sıcaklık}^3$

4.38. Renk deneysel sonuçları için yanıt yüzey linear modelde varyans analizi (ANOVA)  
R<sup>2</sup> 0,8519

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P-değeri
Model	0,51	2	0,26	44,13	< 0,0001
<i>A-Akış hızı</i>	0,51	1	0,51	88,27	< 0,0001
<i>B-sıcaklık</i>	8,208E-004	1	8,208E-004	0,14	0,7133
Kalıntı	0,076	13	5,820E-003		
<i>Matematiksel forma uygunluk</i>	0,071	8	8,832E-003	8,83	0,0140
<i>Saf hata</i>	5,000E-003	5	1,000E-003		
Toplam	0,59	15			

**Gerçek Faktörler Açısından Nihai Denklem:** Renk = + 3,82492 + 0,034674\*Akış hızı - 8,61969E-004\*Sıcaklık

3.39. Koku deneysel sonuçları için yanıt yüzey linear modelde varyans analizi (ANOVA)  
R<sup>2</sup> 0,7359

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P-değeri
Model	2,72	2	1,36	21,90	< 0,0001
<i>A-Akış hızı</i>	2,67	1	2,67	42,96	< 0,0001
<i>B-sıcaklık</i>	0,083	1	0,083	1,35	0,2670
Kalıntı	0,81	13	0,062		
<i>Matematiksel forma uygunluk</i>	0,28	8	0,035	0,34	0,9178
<i>Saf hata</i>	0,53	5	0,11		
Toplam	3,52	15			

**Gerçek Faktörler Açısından Nihai Denklem:** Koku = +1,55125 +0,078985 \*Akış hızı -8,69219E-003 \*Sıcaklık

4.40. Lezzet deneysel sonuçları için yanıt yüzey quadratik modelde varyans analizi (ANOVA)  
 $R^2$  0,9436

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P-değeri
Model	2,33	5	0,47	51,19	< 0,0001
<i>A-Akış hızı</i>	1,93	1	1,93	212,05	< 0,0001
<i>B-sıcaklık</i>	0,015	1	0,015	1,67	0,2248
<i>AB</i>	8,307E-004	1	8,307E-004	0,091	0,7686
$A^2$	6,973E-003	1	6,973E-003	0,77	0,4017
$B^2$	0,063	1	0,063	6,97	0,0247
Kalıntı	0,091	10	9,091E-003		
<i>Matematiksel forma uygunluk</i>	0,071	5	0,014	3,55	0,0955
<i>Saf hata</i>	0,020	5	4,000E-003		
Toplam	2,42	15			


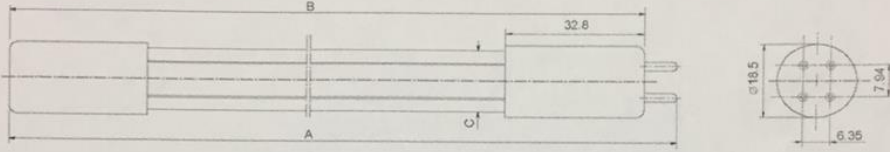
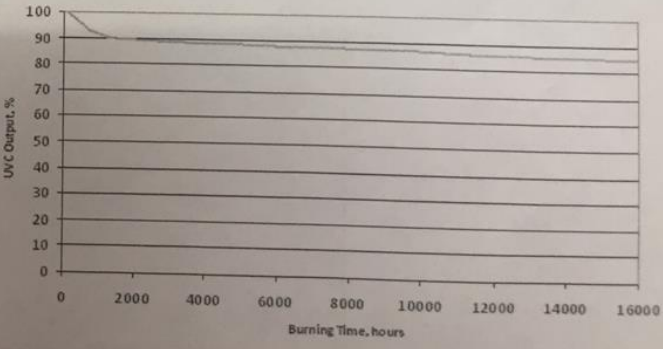
**Gerçek Faktörler Açısından Nihai Denklem:** Lezzet = +0,86136 +0,10021\*Akış +0,045757\*Sıcaklık -1,72620E-004\*Akış hızı\*Sıcaklık -1,21678E-003\*Akış hızı<sup>2</sup> -1,37759E-003\*Sıcaklık<sup>2</sup>

4.41. Genel beğeni deneysel sonuçları için yanıt yüzey kubik modelde varyans analizi (ANOVA)  $R^2$  0,9977

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P-değeri
Model	11,19	9	1,24	285,96	< 0,0001
<i>A-Akış hızı</i>	0,22	1	0,22	50,31	0,0004
<i>B-sıcaklık</i>	0,014	1	0,014	3,16	0,1256
<i>AB</i>	0,020	1	0,020	4,61	0,0754
$A^2$	0,15	1	0,15	35,37	0,0010
$B^2$	0,020	1	0,020	4,58	0,0760
$A^2B$	0,050	1	0,050	11,50	0,0146
$AB^2$	0,038	1	0,038	8,75	0,0253
$A^3$	7,120E-003	1	7,120E-003	1,64	0,2480
$B^3$	0,061	1	0,061	14,11	0,0094
Kalıntı	0,026	6	4,349E-003		
<i>Matematiksel forma uygunluk</i>	1,097E-003	1	1,097E-003	0,22	0,6592
<i>Saf hata</i>	0,025	5	5,000E-003		
Toplam	11,22	15			

**Gerçek Faktörler Açısından Nihai Denklem:** Genel beğeni =  $+0,79409 + 0,068317 \cdot \text{Akış hızı} + 0,23589 \cdot \text{Sıcaklık} + 3,65935E-003 \cdot \text{Akış hızı} \cdot \text{Sıcaklık} - 4,06506E-003 \cdot \text{Akış hızı}^2 - 0,019411 \cdot \text{Sıcaklık}^2 - 5,50846E-004 \cdot \text{Akış hızı}^2 \cdot \text{Sıcaklık} + 2,70749E-004 \cdot \text{Akış hızı} \cdot \text{Sıcaklık}^2 + 5,52846E-004 \cdot \text{Akış hızı}^3 + 3,95142E-004 \cdot \text{Sıcaklık}^3$

## Ek 5. UV-C lamba özellikleri

	<p>Germicidal Lamp Data Sheet GPH846T5L/HO/4</p>	<p>LightTech Lamp Technology Ltd. H-2120 Dunakeszi Hegyrajáró u.1. Tel:+36 /27/541-800 Fax:+36 /27/390-099 info@lighttech.hu www.lighttech.hu</p>
<p><b>Dimensions</b></p> <p>A - Base face to opposite pin length B - Base face to base face length C - Diameter</p>		<p><b>854 mm</b> <b>846±2 mm</b> <b>15 mm</b></p>
		
<p><b>Electrical Data</b> (nominal values)</p> <p>Lamp Wattage Lamp Current Lamp Voltage at High Frequency</p>		<p><b>65 W</b> <b>600 mA</b> <b>96 V</b></p>
<p><b>Physical Data</b></p> <p>UV Output 253.7nm (100hr) Intensity @ 1m Rated Average Life *</p> <p><small>*Average rated life when operated on an electronic high-frequency ballast</small></p>		<p><b>18 W</b> <b>165 <math>\mu\text{W}/\text{cm}^2</math></b> <b>9000 hrs</b></p>
<p><b>Maintenance curve</b></p> <p>The useful life is determined on the operation condition of the lamp (for example type of ballast, ignitor used, cooling conditions, on/off cycle, etc.)</p>  <p>Note: Performance data are valid under laboratory conditions. The rights are reserved to change the data.</p>		

## ÖZGEÇMİŞ

**Azize ATİK**

**Öğretim Görevlisi**

**E-posta adresi:** [azizeatik@gmail.com](mailto:azizeatik@gmail.com) – [azizeatik@aku.edu.tr](mailto:azizeatik@aku.edu.tr)

**Tel. (iş):** 2726563600-2626

**Adres (iş):** Afyon Kocatepe Üniversitesi Sultandağı Meslek Yüksekokulu

Sultandağı/AFYONKARAHİSAR

### Öğrenim bilgisi

Doktora 2014-	Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü-Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans 2009-2013	Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü-Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Lisans 2003-2008	Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi-Gıda Mühendisliği Bölümü

### Görevler

Öğretim Görevlisi 2016-	Afyon Kocatepe Üniversitesi Sultandağı Meslek Yüksekokulu Gıda İşleme Bölümü/Gıda Teknolojisi Programı
Araştırma Görevlisi 2012-2016	Kırklareli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi-Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

## **Projelerde yaptığı görevler**

1. Kayısı Yetiştiriciliğinde Seyreltme İle Elde Edilen Çağladan Turşu Üretim Olanaklarının Araştırılması Yürütücü Mustafa Kaplan, Diğer kamu kuruluşları (Yükseköğretim Kurumları hariç), Yürütücü: KAPLAN Mustafa, Danışman: DIRAMAN HARUN, Araştırmacı: TÜRK BAYDIR AYŞEGÜL, Araştırmacı: ATİK AZİZE, Araştırmacı: ESKİGÜN SEVGİ, , 01/03/2017-30/12/2019 (ULUSAL)
2. Kırklareli İlinde Üretici ve Tüketici Gözüyle Hardaliye ve Kimyasal Kompozisyonun Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi ile Belirlenmesi, Yükseköğretim Kurumları tarafından destekli bilimsel araştırma projesi, Araştırmacı, 01/01/2014 - 01/01/2015 (ULUSAL)
3. Gıda Mühendisliği Bölüm Uygulama Laboratuvarlarını Geliştirme Projesi I, Yükseköğretim Kurumları tarafından destekli bilimsel araştırma projesi, Araştırmacı, 01/01/2014 - 01/01/2015 (ULUSAL)
4. Gıda Mühendisliği Bölüm Uygulama Laboratuvarlarını Geliştirme Projesi II, Yükseköğretim Kurumları tarafından destekli bilimsel araştırma projesi, Araştırmacı, 01/01/2014 - 01/01/2015 (ULUSAL)
5. Hardaliyenin Serbest Ve Bağlı Aroma Bileşenleri Fizikokimyasal Özellikleri ve Raf Ömrünün Belirlenmesi, Yükseköğretim Kurumları tarafından destekli bilimsel araştırma projesi, Araştırmacı, 01/01/2013 - 01/01/2014 (ULUSAL)
6. Kırklareli’nde Gıda Güvenliği Geliştirme Projesi- I TR 21-11-SOS-1-8, Kalkınma Bakanlığı, Yürütücü: ÇETİN BAYRAM, Araştırmacı: KARASU SALİH, Araştırmacı: ATİK AZİZE, 26/06/2012 - 26/06/2013 (ULUSAL)
7. Kırklareli’nde Gıda Güvenliği Geliştirme Projesi I, Araştırmacı, 2012-2013
8. Keçi Etlerinin Sucuk Üretiminde Değerlendirilmesi, BAP, Araştırmacı, 2010-2013 (ULUSAL)

## **Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler**

1. KAPLAN Mustafa, DIRAMAN HARUN, ESKİGÜN SEVGİ, LEVENT OKAN, ATİK AZİZE (2019). Farklı Kurutma Yöntemlerinin Alkaya Kayısı Çeşidinin Toplam Fenolik İçeriğine Etkisi. Gıda ve Yem Bilimi -Teknolojisi, 22(2), 37-44. (Yayın No: 5755241)



2. ATİK İLKER, ATİK AZİZE (2019). Merkezi ve Yerel Yönetimlerin Gıda Güvenliğindeki Etkileri: Dünyadan ve Türkiye'den Örnekler. Uluslararası Yönetim Akademisi Dergisi (Yayın No: 5545317)
3. ŞANLIER NEVİN, ATİK AZİZE, ATİK İLKER (2018). Consumption of green coffee and the risk of chronic diseases. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 1-13., Doi: 10.1080/10408398.2018.1461061.
4. ŞANLIER NEVİN, ATİK İLKER, ATİK AZİZE (2018). A minireview of effects of white tea consumption on diseases. Trends in Food Science Technology, 82, 82-88., Doi: 10.1016/j.tifs.2018.10.004.
5. ATİK AZİZE, ATİK İLKER (2018). Slow City Harektinden Slow Food Hareketine Doğru Giderken Belediyelerin Rolü. Paradoks Ekonomi, Sosyoloji ve Politika Dergisi (Yayın No: 4666585)
6. ATİK AZİZE, GÜMÜŞ TUNCAY (2017). Propolisin Gıda Endüstrisinde Kullanım Olanakları. Akademik Gıda, 15(1), 60-65. Doi: 10.24323/akademik-gida.306066.
7. AŞKIN BUKET, ATİK AZİZE (2016). Color, phenolic composition, and antioxidant properties of hardaliye (fermented grape beverage) under different storage conditions. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 40(6), 803-812., Doi: 10.3906/tar-1602-111.
8. ÇETİN BAYRAM, KARASU SALİH, ATİK AZİZE, DURAK MUHAMMED ZEKİ (2015). Investigation of Microbiological Quality of Some Dairy Products in European Kırklareli (Turkey): Detection of Salmonella spp. and Listeria monocytogenes by Real Time PCR. Journal of Tekirdağ Agriculture Faculty, 12(1), 74-80. (Yayın No: 3639440)
9. ÇETİN BAYRAM, ATİK AZİZE, KARASU SALİH (2014). Kırklareli'nde Üretilen Yoğurt ve Ayrarların Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Kalitesi. AKADEMİK GIDA, 12(2), 57-60. (Yayın No: 3639466)

#### **Ulusal hakemli dergilerde yayımlanan makaleler**

1. Elmacı Yeşim, Çelik Azize, Agrap Börte, Tiltay İpek (2009). Küflü gıdalar Mikotoksin ve Aflatoksin İle İlgili Tüketici Farkındalığının Belirlenmesi. Akademik Gıda-Gıda Bilimi ve Teknolojisi Dergisi (Academic Food Journal)(7(2)), 6-12.

## **Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında (proceedings) basılan bildiriler**

1. KAPLAN Mustafa, ESKİGÜN SEVGİ, LEVENT OKAN,DIRAMAN HARUN, ATİK AZİZE (2019). Kabaası Kayısı Çeşidinde  $\beta$ -Karoten Miktarının Belirlenmesi.. 4th International Anatolian Agriculture, Food, Environment and Biology Congress 2019. (20-22 April 2019, TARGİD 2019, Afyonkarahisar /Turkey), 25-29. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:5755618)
2. ATİK İLKER, ATİK AZİZE (2018). Belediyelerin Gıda Güvenliğindeki Rolü. Alanya Uluslararası Yerel Yönetimler Sempozyumu (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No:4414737)
3. ATİK AZİZE, ATİK İLKER (2018). Belediyelerin Yaş Meyve ve Sebze Hali Denetimleri. Alanya Uluslararası Yerel Yönetimler Sempozyumu (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No:4414721)
4. ATİK AZİZE, ATİK İLKER (2018). Slow Food Hareketi ve Belediyelerin Rolü. Alanya Uluslararası Yerel Yönetimler Sempozyumu (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No:4414729)
5. ATİK İLKER, DIRAMAN HARUN, ATİK AZİZE (2018). Bazı Baharatların Etkin Maddeleri ve Sağlık Üzerine Etkisi. Doğal'2018, Uluslararası Avrasya Doğal Beslenme ve Sağlıklı Yaşam Zirvesi (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No:4414651)
6. ATİK AZİZE, COŞKUN FATMA, ATİK İLKER (2018). Fermantasyon ile Organik Asit Üretimi. Doğal'2018, Uluslararası Avrasya Doğal Beslenme ve Sağlıklı Yaşam Zirvesi (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No:4414678)
7. ATİK İLKER, ŞEVİK RAMAZAN, ATİK AZİZE (2018). Gülgiller Familyasına Ait Bazı Meyvelerin Sağlık Üzerine Etkileri. Doğal'2018, Uluslararası Avrasya Doğal Beslenme ve Sağlıklı Yaşam Zirvesi (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No:4414671)
8. ATİK AZİZE, COŞKUN FATMA, ATİK İLKER, DIRAMAN HARUN (2018). Gıda Endüstri Atıklarının Biyoteknolojik Yöntemler İle Değerlendirilmesi. Doğal'2018, Uluslararası Avrasya Doğal Beslenme ve Sağlıklı Yaşam Zirvesi (/Sözlü Sunum)(Yayın No:4414608)
9. ATİK AZİZE, GÜMÜŞ TUNCAY, ATİK İLKER (2018). Sütün Pastörizasyonunda Geleneksel Yöntemlere Alternatif Yeni Teknikler. Doğal'2018, Uluslararası Avrasya

- Doğal Beslenme ve Sağlıklı Yaşam Zirvesi (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No:4414645)
10. ATİK AZİZE, GÜMÜŞ TUNCAY, ATİK İLKER (2018). Gıda İşleme Tekniklerinde Yeni Yaklaşımlar: Sous Vide. Doğal'2018, Uluslararası Avrasya Doğal Beslenme ve Sağlıklı Yaşam Zirvesi (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No:4414661)
  11. ATİK AZİZE, ŞEVİK RAMAZAN, ATİK İLKER (2018). Et ve Süt Ürünleri Üretiminde Yüksek Basınç Uygulamaları. Doğal'2018, Uluslararası Avrasya Doğal Beslenme ve Sağlıklı Yaşam Zirvesi, (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No:4414634)
  12. ATİK AZİZE, VELİOĞLU HASAN MURAT, ATİK İLKER (2018). Arı Ürünlerinin Et ve Et Ürünlerinde Kullanımı. Doğal'2018, Uluslararası Avrasya Doğal Beslenme ve Sağlıklı Yaşam Zirvesi (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No:4414696)
  13. ATİK İLKER, ŞEVİK RAMAZAN, ATİK AZİZE (2018). Balık Bozulma Mekanizmaları. Doğal'2018, Uluslararası Avrasya Doğal Beslenme ve Sağlıklı Yaşam Zirvesi (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No:4414638)
  14. ATİK İLKER, ATİK AZİZE, ŞEVİK RAMAZAN (2018). Kuru-Kürlenmiş Etlerde Proteoliz. Doğal'2018, Uluslararası Avrasya Doğal Beslenme ve Sağlıklı Yaşam Zirvesi (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No:4414627)
  15. ATİK AZİZE, ATİK İLKER, GÜMÜŞ TUNCAY (2018). A Traditional Snack Food – Lupine (Termiye / Tirmis). The 4th International Symposium on “Traditional Foods from Adriatic to Caucasus” (Özet Bildiri/Poster) (Yayın No:4414565)
  16. DEMİRCİ AHMET ŞÜKRÜ, GÜMÜŞ TUNCAY, ATİK AZİZE (2015). Mycotoxin Danger in Traditional Foods. The 3rd International Symposium on Traditional Foods from Adriatic to Caucasus (/Poster)(Yayın No:3639665)
  17. ATİK AZİZE, DENKTAŞ SEVGÜL (2015). A Traditional and Innovative Product: Soudjouk Döner. The 3rd International Symposium on Traditional Foods from Adriatic to Caucasus (/Poster)(Yayın No:3639686)
  18. ATİK AZİZE, YILMAZ İSMAİL (2015). Et ve Et Ürünlerinde Nitrit/Nitrat Yerine Bitkisel Ekstraktların Kullanımı. 5. Gıda Güvenliği Kongresi (/Poster)(Yayın No:3639657)
  19. ATİK AZİZE, APAYDIN DEMET, ATİK İLKER (2014). Antimicrobial and Antibacterial Properties of Propolis. 2nd International Congress on Food Technology (/Poster)(Yayın No:3639650)

20. ÖZCAN YILMAZ, ATİK AZİZE, ŞANLIDERE ALOĞLU HATİCE (2014). The Status of Nanotechnology as an Emerging Technology in Food Science and Technology. 2nd International Congress on Food Technology (/Poster)(Yayın No:3639627)
21. YANARDAĞ KARABULUT ŞEYDA, ATİK AZİZE, ATİK İLKER (2014). The Effects of Ultrasounds Treatment on the Structural, Physical and Physicochemical Properties of Oils. 2nd International Congress on Food Technology (/Poster)(Yayın No:3639641)
22. AŞKIN BUKET, ATİK AZİZE, AŞKIN ORHAN ONUR (2014). Sensory Evaluation, Physicochemical Properties of Fermented Red Grape Beverages, Hardaliye. Agribalkan Balkan Agricultural Congress (/Poster)(Yayın No:3639598)
23. ÇETİN BAYRAM, ATİK AZİZE (2013). Kırklareli nde Üretilen Et ve Et Ürünlerinde Domuz Eti Varlığının Tespit Edilmesi. Uluslararası 2. Helal ve Sağlıklı Gıda Kongresi “Sağlıklı ve Helal Gıda Seçimi” (/)(Yayın No:637729)
24. ATİK AZİZE, GÖKÇE RAMAZAN, ATİK İLKER (2013). Effect of Goat Meat on Textural and Sensorial Properties of Turkish Sucuk. II. International Symposium on “Traditional Foods from Adriatic to Caucasus” (/)(Yayın No:637632)
25. ATİK İLKER, NAS SEBAHATTİN, ATİK AZİZE (2013). Some Features of the Figs Dried by Naturally Manufactured Traditionally and the Aflatoxin Contents in Province of Aydın. II. International Symposium on “Traditional Foods from Adriatic to Caucasus” (/)(Yayın No:637585)
26. ATİK AZİZE, ATİK İLKER (2013). A Historic Flavour in Ottoman Cuisine: Kallavi Cookie. The 2nd International Symposium on Traditional Foods from Adriatic to Caucasus (Poster) (Yayın No:3639587)

**Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında (proceedings) basılan bildiriler**

1. ATİK AZİZE, ÖZCAN YILMAZ, AŞKIN BUKET, ATİK İLKER (2014). Eğitim Düzeyi ve Sosyal Çevrenin Geleneksel Gıda Algısı Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. 4. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu (/Poster)(Yayın No:3639699)
2. AŞKIN BUKET, ATİK AZİZE (2014). Kırklareli’nden Geleneksel Bir İçecek Hardaliye . 4. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu (/Poster)(Yayın No:3639694)