

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**SÜPERKRİTİK AKIŞKAN KARBONDİOKSİT EKSTRAKSİYONU İLE ELDE
EDİLEN BAZI BİTKİSEL ÖZÜTLERİN BİYOJEN AMİN OLUŞUMU
ÜZERİNE ETKİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Mustafa Hamza Mawlood AL BAYATI

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TARIMSAL BİYOTEKNOLOJİ

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

TEMMUZ 2024

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**SÜPERKRİTİK AKIŞKAN KARBONDİOKSİT EKSTRAKSİYONU İLE ELDE
EDİLEN BAZI BİTKİSEL ÖZÜTLERİN BİYOJEN AMİN OLUŞUMU
ÜZERİNE ETKİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Mustafa Hamza Mawlood AL BAYATI

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TARIMSAL BİYOTEKNOLOJİ

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

TEMMUZ 2024

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SÜPERKRİTİK AKIŞKAN KARBONDİOKSİT EKSTRAKSİYONU İLE ELDE
EDİLEN BAZI BİTKİSEL ÖZÜTLERİN BİYOJEN AMİN OLUŞUMU
ÜZERİNE ETKİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Mustafa Hamza Mawlood AL BAYATI
TARIMSAL BİYOTEKNOLOJİ
ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

**Bu tez Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) tarafından FBA-2023-6206 nolu proje
ile desteklenmiştir.**

TEMMUZ 2024

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SÜPERKRİTİK AKIŞKAN KARBONDİOKSİT EKSTRAKSİYONU İLE ELDE
EDİLEN BAZI BİTKİSEL ÖZÜTLERİN BİYOJEN AMİN OLUŞUMU
ÜZERİNE ETKİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Mustafa Hamza Mawlood AL BAYATI
TARIMSAL BİYOTEKNOLOJİ
ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

Bu tez 22/07/2024 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mehmet Fatih CENGİZ (Danışman)

Prof. Dr. Pınar YERLİKAYA KEBAPÇIOĞLU

Prof. Dr. Zaid Khalaf KHIDHIR

Doç. Dr. Demir ÖZDEMİR

Doç. Dr. Harun URAN

ÖZET

SÜPERKRİTİK AKIŞKAN KARBONDİOKSİT EKSTRAKSİYONU İLE ELDE EDİLEN BAZI BİTKİSEL ÖZÜTLERİN BİYOJEN AMİN OLUŞUMU ÜZERİNE ETKİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Mustafa Hamza Mawlood AL BAYATI

Doktora Tezi, Tarımsal Biyoteknoloji Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mehmet Fatih CENGİZ

Temmuz 2024; 191 sayfa

Biyojen aminler, bitki, hayvan ve mikroorganizmaların metabolik faaliyetleri sonucu oluşan, düşük moleküler ağırlığa sahip biyolojik olarak aktif organik bileşiklerdir. Gıdalarda, özellikle et ürünlerinde mikroorganizmalar ile etkileşime giren aminoasitlerin dekarboksilasyonu veya aldehit ve ketonların aminasyon ve transaminasyonu ile meydana gelmektedirler. Bu aminler, insan sağlığı üzerinde kanser, hipertansiyon ve alerjik reaksiyonlara neden oldukları literatürde bildirilmektedir. Gıda maddelerinde bulunan biyojen aminlerin oluşumunun engellenmesi ve uzaklaştırılması konusunda ultraviyole, gamma irradiasyon, depolama koşullarının optimizasyonu gibi teknikler önerilmekle birlikte ortamda bulunan bazı aktif bileşiklerin de biyojen amin azaltımı üzerine ciddi etkileri bulunmaktadır. Bu kapsamda gerçekleştirilen bu tez çalışmasının amacı; son zamanlarda bitkisel aktif maddelerin özütlemesi konusunda yenilikçi ve çevreci bir yöntem olan süperkritik akışkan karbon dioksit (SKA-CO₂) ekstraksiyonu yöntemi kullanılarak elde edilen bitki özütlerinin et ürünlerinde oluşan biyojen aminler üzerine etkilerinin değerlendirilmesidir.

Belirtilen amaç doğrultusunda öncelikle biyojen amin üzerine etki gösterebileceği öngörülen kekik (*Origanum onites*), karabiber (*Piper nigrum*), kırmızı biber (*Capsicum annuum* L.) ve kimyon (*Cuminum cyminum*) bitkileri tedarik edilmiş ve bu bitkilerin özütleri cevap yüzey yöntemi yardımıyla optimize edilen SKA-CO₂ ekstraksiyon yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Numunelerdeki aktif bileşenler Yüksek Performans Sıvı kromatografisi (HPLC) yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. *In-vitro* ortamda biyojen amin oluşumunun sağlanması için tirozin, lisin, histidin ve ornitin içeren dekarboksilaz sıvısı hazırlanmış ve bu dekarboksilaz sıvısına bakteriler (*Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa* ve *Staphylococcus aureus*) aşılanmıştır. Elde edilen her bir dekarboksilaz sıvısında oluşan biyojen amin tür (dopamin (DOP), putresin (PUT), kadaverin (CAD), triptamin (TYP), feniletilamin (PHEM), spermidin (SPM), spermin (SPR), histamin (HIS) ve tiramin (TYR)) ve düzeyleri HPLC yöntemi ile analiz edilmiştir. Oluşan biyojen aminlerin inhibisyonu konusunda farklı tür ve düzeylerde hazırlanan bitkisel özütler uygulanmış ve özütlerin gerek mikroorganizmalar gerekse oluşan biyojen aminler üzerin etkinlikleri değerlendirilerek en etkili bulunan özüt tür ve düzeyi gerçek numuneler üzerine tatbik edilmiştir. Bu amaçla kıyma haline getirilmiş et numunesine mikroorganizmalar ile birlikte bitki özütü ilave edilerek farklı sıcaklık ve sürelerde et numunesinde meydana gelen biyojen amin değişimleri incelenmiştir. Numunelerde biyojen amin analizlerine ilave olarak mikrobiyal, kimyasal, fiziksel ve duyuusal analizler de gerçekleştirilmiştir.

Bitkisel özütlerde bulunan en etkili aktif maddeler kimyon, kırmızı biber, karabiber ve kekik bitkileri için sırasıyla kuminaldehit, kapsaisin, piperin ve karvakrol bileşikleri olarak bulunmuştur. Dekarboksilaz sıvılarında biyojen amin üretimi üzerinde yapılan analizlerde, *E. coli*'in en yüksek biyojen amin üretim kapasitesine sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Benzer şekilde dekarboksilaz sıvısında meydana gelen biyojen aminler üzerine özütlerin farklı etkiler göstermesine rağmen en etkili özütün %0.5 düzeyindeki kekik özütü olduğu belirlenmiştir. Dekarboksilaz sıvısında elde edilen veriler ışığında gerçek numune olarak et numunesinde biyojen amin oluşturabilmek amacıyla *E. coli* mikroorganizması ve bu mikroorganizma ve oluşan biyojen aminleri inhibe edebilmek için farklı düzeylerde kekik özütü kullanılmıştır. Elde edilen bulgulara göre, %0.5 konsantrasyonda kekik özütü, toplam biyojen amin içeriğini 106.38 mg'dan 34.84 mg'a düşürerek önemli bir azalma sağlamış ve aynı zamanda PUT, CAD, HIS ve TYR gibi biyojen aminlerde önemli düzeylerde azalmalara yol açmıştır.

İlave edilen kekik özütünün etin fizikokimyasal ve duyuşsal özelliklerine olan etkileri bağlamında %0.5 kekik özütü eklenilmiş *E. coli* içermeyen ve içeren örneklerde serbest yağ asitliği (SYA) seviyeleri sırasıyla %3.08'den %2.26'ya, ve %3.58'den %2.52'ye düşmüştür. Aynı koşullarda toplam uçucu baz azot (TVB-N) seviyeler için bu değerler sırasıyla 25.76 mg N/100 g'dan 15.74 mg N/100 g'a ve 27.82 mg N/100 g'dan 18.56 mg N/100 g'a azalmıştır. TBARS değerleri için ise, aynı koşullarda 1.03 mg MDA/kg'dan 0.74 mg MDA/kg'a ve 1.18 mg MDA/kg'dan 0.84 mg MDA/kg'a düşmüştür. *E. coli* içermeyen ve %0.5 kekik özütü içeren örneklerde, en yüksek tutma kapasitesi (STK) seviyesi (%31.14) göstermiştir. Toplam aerobik bakteri sayısı (TAB) ise, kekik özütü konsantrasyonları arttıkça genellikle düşüş göstermekle birlikte *E. coli* içeren örneklerde %0.5 kekik özütü ilave edilmesiyle TAB sayısı 9.63'den 7.28 log kob/g'a azalmıştır. Benzer şekilde bu değerler psikrotrofik bakteri ve koliform bakteriler için sırasıyla 8.14'ten 6.48 log kob/g ve 4.25'ten 3.29 log kob/g olarak tespit edilmiştir. Ürün kalite özelliklerinden olan duyuşsal testlerde ise %0.25 kekik özütünün, farklı depolama sürelerinde kalite parametrelerinde iyileştirerek tat ve aroma ve genel kabul açısından duyuşsal kabul için en uygun değer olduğu sonucuna varılmıştır.

Elde edilen sonuçlar, kekik özütünün konsantrasyonuna bağlı olarak patojenik mikroorganizmaların büyümesini önleme ve engelleme ile birlikte biyojen aminlerin oluşumunu da azaltma yeteneğine sahip olduğuna ve aynı zamanda etin kalite kriterleri üzerine de olumlu etkiler gösterdiğine işaret etmektedir.

ANAHTAR KELİMELEER: Biyojen amin, Ekstraksiyon, Özüt, Süperkritik akışkan CO₂

JÜRİ:

Prof. Dr. Mehmet Fatih CENGİZ

Prof. Dr. Pınar YERLİKAYA KEBAPÇIOĞLU

Prof. Dr. Zaid Khalaf KHIDHIR

Doç. Dr. Demir ÖZDEMİR

Doç. Dr. Harun URAN

ABSTRACT

EVALUATION OF THE EFFECTS OF CERTAIN PLANT EXTRACTS OBTAINED BY SUPERCRITICAL FLUID CARBON DIOXIDE EXTRACTION ON BIOGENIC AMINE FORMATION

Mustafa Hamza Mawlood AL BAYATI

PhD Thesis in Department of Agricultural Biotechnology

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet Fatih CENGİZ

July 2024; 191 pages

Biogenic amines are biologically active organic compounds with low molecular weight that are formed as a result of the metabolic activities of plants, animals, and microorganisms. In foods, especially in meat products, they are formed through the decarboxylation of amino acids interacting with microorganisms or through the amination and transamination of aldehydes and ketones. These amines are reported in the literature to cause cancer, hypertension, and allergic reactions in humans. Various techniques such as ultraviolet, gamma irradiation, and optimization of storage conditions are suggested to prevent and eliminate the formation of biogenic amines in foodstuffs. Additionally, some active compounds present in the environment have significant effects on reducing biogenic amines. This thesis aims to evaluate the effects of plant extracts obtained using supercritical fluid carbon dioxide (SFE-CO₂) extraction, an innovative and environmentally friendly method for extracting plant active substances, on biogenic amines formed in meat products.

In line with this aim, thyme (*Origanum onites*), black pepper (*Piper nigrum*), red pepper (*Capsicum annuum* L.), and cumin (*Cuminum cyminum*), which are predicted to affect biogenic amines, were procured. Extracts of these plants were obtained using the SFE-CO₂ extraction method optimized with the response surface method. The active components in the samples were determined using High-Performance Liquid Chromatography (HPLC). To induce the formation of biogenic amines in vitro, a decarboxylase liquid containing tyrosine, lysine, histidine, and ornithine was prepared and inoculated with bacteria (*Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, and *Staphylococcus aureus*). The types (dopamine (DOP), putrescine (PUT), cadaverine (CAD), tryptamine (TYP), phenylethylamine (PHEM), spermidine (SPM), spermine (SPR), histamine (HIS), and tyramine (TYR)) and levels of biogenic amines formed in each decarboxylase liquid were analyzed using the HPLC method. Different types and levels of plant extracts were applied to inhibit the biogenic amines formed, and the efficacy of the extracts on both the microorganisms and the formed biogenic amines was evaluated. The most effective type and level of extract were then applied to real samples. For this purpose, plant extracts were added to minced meat samples along with microorganisms, and the changes in biogenic amines in the meat samples were examined at different temperatures and durations. In addition to biogenic amine analyses, microbial, chemical, physical, and sensory analyses were also conducted on the samples.

The most effective active compounds in the plant extracts were found to be cuminaldehyde for cumin, capsaicin for red pepper, piperine for black pepper, and carvacrol for oregano. Analyses conducted on the production of biogenic amines in decarboxylase liquids revealed that *E. coli* had the highest biogenic amine production capacity. Despite the different effects of the extracts on biogenic amines formed in the decarboxylase liquid, oregano extract at a 0.5% level was found to be the most effective. Based on the data obtained from the decarboxylase liquid, *E. coli* was used to form biogenic amines in real meat samples, and different levels of oregano extract were used to inhibit this microorganism and the formed biogenic amines. According to the findings, a 0.5% concentration of oregano extract significantly reduced the total biogenic amine content from 106.38 mg to 34.84 mg and caused significant reductions in biogenic amines such as PUT, CAD, HIS, and TYR.

Regarding the effects of the added oregano extract on the physicochemical and sensory properties of the meat, in samples without *E. coli* and with 0.5% oregano extract, the free fatty acid (FFA) levels decreased from 3.08% to 2.26%, and from 3.58% to 2.52% in samples with *E. coli*. Similarly, total volatile basic nitrogen (TVB-N) levels decreased from 25.76 mg N/100 g to 15.74 mg N/100 g, and from 27.82 mg N/100 g to 18.56 mg N/100 g under the same conditions. For TBARS values, the same conditions resulted in decreases from 1.03 mg MDA/kg to 0.74 mg MDA/kg and from 1.18 mg MDA/kg to 0.84 mg MDA/kg. The highest water-holding capacity (WHC) level (31.14%) was observed in samples without *E. coli* and with 0.5% oregano extract. The total aerobic bacteria count (TAB) generally decreased as the concentration of oregano extract increased, with the TAB count reducing from 9.63 to 7.28 log CFU/g when 0.5% oregano extract was added to samples containing *E. coli*. Similarly, these values for psychrotrophic bacteria and coliform bacteria were found to be 8.14 to 6.48 log CFU/g and 4.25 to 3.29 log CFU/g, respectively. In sensory tests evaluating product quality characteristics, 0.25% oregano extract was found to be the most suitable concentration for sensory acceptance in terms of improving quality parameters over different storage periods, enhancing taste, aroma, and overall acceptance.

The obtained results indicate that oregano extract, depending on its concentration, has the ability to prevent and inhibit the growth of pathogenic microorganisms, reduce the formation of biogenic amines, and positively affect the quality criteria of meat.

KEYWORDS: Biogenic amine, Extract, Extraction, Supercritical fluid CO₂

COMMITTEE:

Prof. Dr. Mehmet Fatih CENGİZ

Prof. Dr. Pınar YERLİKAYA KEBAPÇIOĞLU

Prof. Dr. Zaid Khalaf KHIDHIR

Assoc. Prof. Dr. Demir ÖZDEMİR

Assoc. Prof. Dr. Harun URAN

ÖNSÖZ

Bu çalışmayı hazırlarken, süperkritik akışkan karbondioksit ekstraksiyonu ile elde edilen bazı bitkisel özütlerin biyojen amin oluşumu üzerine etkilerini değerlendirme konusunu seçmemde, bu alandaki bilgi eksikliği ve yenilikçi yaklaşımlarının önemine olan inancım etkili oldu. Doğal özütlerin sağlık üzerindeki olumlu etkilerini araştırmak hem akademik anlamda hem de uygulamalı bilimlerde büyük bir değer taşıyor. Bu çalışma, bitkisel özütlerin biyojen amin oluşumu üzerindeki etkilerini daha iyi anlamamıza ve potansiyel sağlık faydalarını keşfetmemize yardımcı olmayı hedeflemektedir.

Tezimi hazırlarken, pek çok zorluğun ve engelin üstesinden gelmem gerekti. Ancak, bu süreç boyunca aldığım destek ve teşvikler, çalışmamı tamamlamamda büyük rol oynadı. Bu noktada, özellikle tez danışmanım Prof. Dr. Mehmet Fatih CENGİZ'e, çalışmalarım süresince gösterdiği sabır, anlayış ve danışmanlık için sonsuz teşekkürlerimi sunmak isterim. Ayrıca, Tez İzleme Komitesi'nde yer alan ve çalışmalarımın planlamasında katkılar sağlayan ve yol gösteren sayın Prof. Dr. Pınar YERLİKAYA KEBAPÇIOĞLU'na ve sayın Doç. Dr. Demir ÖZDEMİR çok teşekkür ederim.

Çalışmalarına verdikleri destek, yardım ve katkılardan ötürü arkadaşlarım Mariem BOUALİ, Alparslan KARABENİZ, Ümit BABACAN ve Mohammed Mahmood MOHAMMED'e içten teşekkürlerimi sunarım.

Sonunda, bu zorlu yolda yürürken maddi ve manevi desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen kıymetli babam Hamza AL BAYATI ve annem Batool DEDE, eşim ve kardeşlerime en içten teşekkürlerimi sunuyorum. Onların varlığı ve desteği, başarıya ulaşmamda en büyük güç kaynağım olmuştur.

Tezimin hazırlanmasında katkıda bulunan ve FBA-2023-6206 proje numaralı proje ile destekleyen Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne de içten teşekkürlerimi sunarım. Sağladıkları mali ve teknik destek, araştırmamın başarıyla tamamlanmasında önemli bir rol oynamıştır. Destekleri için minnettarlığımı ifade ederim.

Bu çalışmanın daha da geliştirilmesi adına, gelecekte yapılacak araştırmalarda, bitkisel özütlerin farklı biyojen aminler üzerindeki etkilerinin detaylı bir şekilde incelenmesi önerilmektedir. Ayrıca, bu çalışmanın sonuçlarının, süperkritik akışkan ekstraksiyonu yöntemlerinin daha geniş bir uygulama alanında değerlendirilmesi için bir temel oluşturacağına inanıyorum.

Son olarak, bu eserin okuyuculara faydalı olmasını ve alandaki diğer araştırmacılara ilham kaynağı olmasını temenni ediyorum.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vi
AKADEMİK BEYAN	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	x
ŞEKİLER DİZİNİ	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	5
2.1. Biyojen Aminler	5
2.2. Biyojen Aminlerin Sınıflandırılması	6
2.3. Biyojen Aminlerin Toksikolojik Etkileri	7
2.4. Biyojen Aminlerin Yasal Limitleri.....	9
2.5. Biyojen Amin Oluşum Mekanizmaları	10
2.6. Et ve Et Ürünlerindeki Biyojen Aminler.....	11
2.7. Etlerin Bozulma Mekanizmaları	13
2.7.1. Mikrobiyal bozulma	13
2.7.2. Lipid oksidasyonu.....	14
2.7.3. Otolitik bozulma	14
2.8. Etlerin Kalite Özellikleri	15
2.8.1. Fiziksel özellikler	15
2.8.2. Kimyasal özellikler.....	17
2.8.3. Mikrobiyal özellikler	19
2.9. Biyojen Aminleri Uzaklaştırma Yöntemleri	20
2.10. Bitkisel Özütlerin Elde Edilme Yöntemleri	23
3. MATERYAL VE YÖNTEM	25
3.1. Materyal.....	25
3.1.1. Bitkisel materyaller ve ön hazırlıkları	25
3.1.2. Mikroorganizma türleri.....	25
3.1.3. Aminoasitler	25

3.1.4. Analitik materyaller	25
3.1.5. Alet ve ekipmanlar.....	27
3.2. Yöntem	28
3.2.1. Bitkisel materyaller ve ön hazırlıkları	28
3.2.2. Ekstraksiyon koşullarının optimizasyonu ve bitkisel özütlerin elde edilmesi	29
3.2.3. Özütlerin aktif bileşenlerinin belirlenmesi	31
3.2.4. İn-vitro ortamda biyojen amin oluşumunun sağlanması	33
3.2.5. Gerçek örneklerde biyojen amin oluşumunun engellenmesi üzerine denemeler ve analizler	36
3.3. İstatistiksel Değerlendirme	42
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	43
4.1. Bitkisel Aktif Madde ve Biyojen Amin Düzeylerinin Belirlenmesine Yönelik HPLC Yöntem Parametrelerinin Optimizasyonu	43
4.2. SKA-CO ₂ Ekstraksiyonu Koşullarının Optimizasyonu ve Bitkisel Özütlerin Elde Edilmesi.....	47
4.3. Dekarboksilaz Sıvılarında Mikroorganizmaların Gelişimi ve Bitkisel Özütlerin Etkileri	51
4.3.1. Tirosin dekarboksilaz sıvısında (TDS) mikrobiyal gelişim üzerine bitkisel özütlerin etkisi	51
4.3.2. Histidin dekarboksilaz sıvısında (HDS) mikrobiyal gelişim üzerine bitkisel özütlerin etkisi	53
4.3.3. Ornitin dekarboksilaz sıvısında (ODS) mikrobiyal gelişim üzerine bitkisel özütlerin etkisi	54
4.3.4. Lisin dekarboksilaz sıvısında (LDS) mikrobiyal gelişim üzerine bitkisel özütlerin etkisi	55
4.4. Dekarboksilaz Sıvılarına İnoküle Edilen Mikroorganizmaların Biyojen Amin Oluşumu Üzerine Etkileri.....	56
4.4.1. TDS'na inoküle edilen mikroorganizmaların biyojen amin oluşumu üzerine etkileri.....	56
4.4.2. HDS'na inoküle edilen mikroorganizmaların biyojen amin oluşumu üzerine etkileri.....	58

4.4.3. ODS’na inoküle edilen mikroorganizmaların biyojen amin oluşumu üzerine etkileri.....	59
4.4.4. LDS’na inoküle edilen mikroorganizmaların biyojen amin oluşumu üzerine etkileri.....	60
4.5. Dekarboksilaz Sıvılarında Mikroorganizmalar Tarafından Oluşan Biyojen Aminler Üzerine Bitkisel Özütlerin Etkileri	61
4.5.1. TDS’nda mikroorganizmalar tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri.....	61
4.5.2. HDS’nda mikroorganizmalar tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri.....	69
4.5.3. ODS’nda mikroorganizmalar tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri.....	76
4.5.4. LDS’nda mikroorganizmalar tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri.....	84
4.6. Et Numunelerinde Kalite Analizleri.....	92
4.6.1. Et numunelerinde biyojen amin oluşumu ve bitkisel özütlerin etkileri.....	92
4.6.2. Kekik özütü ilave edilmiş et numunesinde fizikokimyasal değişimler	100
4.6.3. Mikroorganizma ile kontamine edilen et numunesinde bitkisel özütlerin mikrobiyal düzeylere etkieri	120
4.6.5. Et numunesine ilave edilen bitkisel özütün etin duyuşsal özelliklerine etkileri.....	131
5. SONUÇLAR	133
6. KAYNAKLAR	141
7. EKLER.....	167
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Doktora Tezi olarak sunduğum “Süperkritik Akışkan Karbondioksit Ekstraksiyonu İle Elde Edilen Bazı Bitkisel Özütlere Biyojen Amin Oluşumu Üzerine Etkilerin Değerlendirilmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

22/07/2024

Mustafa Hamza Mawlood AL BAYATI



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

%	: Yüzdelik
kg	: Kilogram
L	: Litre
M	: Molarite
mg	: Miligram
mg	: Miligram
ml	: Mililitre
N	: Normalite
n	: Örnek sayısı
°C	: Santigrat
ppm	: Milyonda bir
rpm	: Dakikadaki devir sayısı
X	: İlgilenilen örnek

Kısaltmalar

BA	: Biyojen amin
BAI	: Biyojen Amin İndeksi
CAD	: Kadaverin
ddH ₂ O	: Ultra Saf Su
DOP	: Dopamin
HCl	: Hidroklorik asit
HDS	: Histidin Dekarboksilaz Sıvısı
HIS	: Histamin
HPLC	: Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi

kob/g	: Koloni oluşturan birim/gram
Kon	: Konsantrasyon
LDS	: Lisin Dekarboksilaz Sıvısı
LOD	: Tespit Sınırı
LOQ	: Ölçüm Sınırı
MDA	: Malondialdehit
Meq	: Miliekivalan
mg/kg	: Miligram/kilogram
mg/ml	: Miligram/mililitre
NaOH	: Sodyum hidroksit
ODS	: Ornitin Dekarboksilaz Sıvısı
PHEN	: Feniletilamin
PUT	: Putresin
SD	: Standart Sapma
SKA-CO ₂	: Süperkritik Akışkan Karbon Dioksit
SPD	: Spermidin
SPR	: Spermin
STK	: Su Tutma Kapasitesi
SYA	: Serbest Yağ Asitliği
TAB	: Toplam Aerobik Bakteri
TBA	: Tiyobarbiturik Asit
TDS	: Tirosin Dekarboksilaz Sıvısı
TOTL BA	: Toplam Biyojen Aminler
TRP	: Triptamin
TVB-N	: Toplam Uçucu Bazik Azot
Tezde ondalık ayracı olarak nokta “.” kullanılmıştır.	

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Biyojen aminlerin kimyasal yapısı ve öncüleri .	7
Şekil 2.2. Biyojen aminlerin insan sağlığı üzerindeki toksik etkisi	8
Şekil 2.3. Biyojen aminlerin oluşumu	11
Şekil 3.1. Tez çalışmaları sırasında iş akışı	28
Şekil 3.2. Denemelerde kullanılan bitkisel materyaller ve öğütülmüş halleri	29
Şekil 3.3. Tez çalışmalarında kullanılan SKA-CO ₂ ekstraksiyonu sistemi	30
Şekil 3.4. SKA-CO ₂ ekstraksiyonu sonucu elde edilen bitkisel özütler	31
Şekil 3.5. Numunelerden elde edilen özütler ve HPLC analizi için örnek hazırlama aşamaları	32
Şekil 3.6. Aktif bileşen analizlerinde kullanılan HPLC cihazı	32
Şekil 3.7. Numunelerdeki aktif maddelerin belirlenmesine yönelik çalışma planı	33
Şekil 3.8. İn-vitro ortamda mikroorganizmaların gelişmesi, bitkisel özütlerin eklenmesi ve oluşan biyojen aminlerin HPLC analizi	34
Şekil 3.9. Et örneklerin hazırlanması	37
Şekil 4.1. Kuminaldehid, kapsaisin, piperin ve karvakrol ait kalibrasyon grafikleri	44
Şekil 4.2. Bitkisel aktif maddelere yönelik analitik standart (A) ve bitki numunesi (B) kullanılarak elde edilen HPLC kromatogramları 1: Kuminaldehid, 2: Kapsaisin, 3: Piperin, 4: Karvakrol	45
Şekil 4.3. Biyojen aminlere ait kalibrasyon grafikleri	46
Şekil 4.4. Biyojen aminlerin analitik standardı (20 ppm)	47
Şekil 4.5. Kuminaldehid ekstraksiyonun koşullarına ait yanıt yüzey grafiği	48
Şekil 4.6. Kapsaisin ekstraksiyonun koşullarına ait yanıt yüzey grafiği	49
Şekil 4.7. Piperin ekstraksiyonun koşullarına ait yanıt yüzey grafiği	50
Şekil 4.8. Karvakrol ekstraksiyonun koşullarına ait yanıt yüzey grafiği	51
Şekil 4.9. TDS’da bakteriler tarafından biyojen amin üretimi	57
Şekil 4.10. HDS’da bakteriler tarafından biyojen amin üretimi	59
Şekil 4.11. ODS’da bakteriler tarafından biyojen amin üretimi	60
Şekil 4.12. LDS’da bakteriler tarafından biyojen amin üretimi	61
Şekil 4.13. TDS’nda <i>E. coli</i> tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)	62
Şekil 4.14. TDS’nda <i>S. aureus</i> tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)	63
Şekil 4.15. TDS’nda <i>E. faecalis</i> tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)	64
Şekil 4.16. TDS’nda <i>P. areugenase</i> tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)	65
Şekil 4.17. TDS’nda <i>K. pneumoniae</i> tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)	66
Şekil 4.18. HDS’nda <i>E. coli</i> tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)	70

Şekil 4.19. HDS’nda <i>S. areuse</i> tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)	71
Şekil 4.20. HDS’nda <i>E. faecales</i> tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)	72
Şekil 4.21. HDS’nda <i>P. areugenase</i> tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)	73
Şekil 4.22. HDS’nda <i>K. pneumoniae</i> tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)	74
Şekil 4.23. ODS’nda <i>E. coli</i> tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)	77
Şekil 4.24. ODS’nda <i>S. aureus</i> tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)	78
Şekil 4.25. ODS’nda <i>E. faecalis</i> tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)	79
Şekil 4.27. ODS’nda <i>K. pneumoniae</i> tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l).	81
Şekil 4.28. LDS’nda <i>E. coli</i> tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)	85
Şekil 4.29. LDS’nda <i>S. aureus</i> tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)	86
Şekil 4.30. LDS’nda <i>E. faecalis</i> tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)	87
Şekil 4.31. LDS’nda <i>P. aeruginosa</i> tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)	88
Şekil 4.32. LDS’nda <i>K. pneumoniae</i> tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)	89

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. 2010 ve 2018 yılları arasında Avrupa Birliği'nde histamin zehirlenmesi ile ilişkili salgın vakaları.....	9
Çizelge 3.1. Deneylerde kullanılan materyaller.....	25
Çizelge 3.2. Denemeler kapsamında kullanılan alet ve ekipmanlar	27
Çizelge 3.3. SKA-CO ₂ ekstraksiyonu çalışmalarına ait deneme planı	30
Çizelge 3.4. Bitkisel aktif bileşenler için HPLC cihazı analitik koşulları	31
Çizelge 3.5. Biyojen amin analizleri için HPLC cihazı analitik koşulları	35
Çizelge 3.6. Et örneklerinde planlanan deneme deseni	37
Çizelge 3.7. Et örneklerinde duyuşal analizler tablosu.....	41
Çizelge 3.8. Çizelge 3.7'nin açıklaması.....	42
Çizelge 4.1. Bitkisel aktif maddelerin HPLC analizlerine yönelik validasyon sonuçları	43
Çizelge 4.2. Biyojen aminlerin HPLC analizlerine yönelik validasyon sonuçları	44
Çizelge 4.3. Kimyon numunesinin farklı koşullardaki SKA-CO ₂ ekstraksiyonu şartlarından elde edilen kuminaldehit miktarları.....	47
Çizelge 4.4. Kırmızı biber numunesinin farklı koşullardaki SKA-CO ₂ ekstraksiyonu şartlarından elde edilen kapsaisin miktarları	48
Çizelge 4.5. Karabiber numunesinin farklı koşullardaki SKA-CO ₂ ekstraksiyonu şartlarından elde edilen piperin miktarları	49
Çizelge 4.6. Kekik numunesinin farklı koşullardaki SKA-CO ₂ ekstraksiyonu şartlarından elde edilen karvakrol miktarları	50
Çizelge 4.7. Cevap-yüzey yöntemine göre optimize edilen en iyi şartlar	51
Çizelge 4.8. TDS'na inoküle edilen mikroorganizmalar üzerine bitkisel özütlerin etkileri (log kob/mL).....	52
Çizelge 4.9. HDS'na inoküle edilen mikroorganizmalar üzerine bitkisel özütlerin etkisi (log kob/mL).....	54
Çizelge 4.10. ODS'na inoküle edilen mikroorganizmalar üzerine bitkisel özütlerin etkisi (log kob/mL).....	55
Çizelge 4.11. LDS'na inoküle edilen mikroorganizmalar üzerine bitkisel özütlerin etkisi (log kob/mL).....	56
Çizelge 4.12. <i>E. coli</i> mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin 4±1 °C farklı günlerde depolanması sürecinde biyojen amin düzeylerindeki değişim (mg/l).....	93
Çizelge 4.13. <i>E. coli</i> mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin 15±1 °C farklı günlerde depolanması sürecinde biyojen amin düzeylerindeki değişim (mg/l).....	98

Çizelge 4.14. <i>E. coli</i> mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin $4\pm1^{\circ}\text{C}$ farklı günlerde depolanması sürecinde SYA değerleri değişimi (%).....	100
Çizelge 4.15. <i>E. coli</i> mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin $15\pm1^{\circ}\text{C}$ farklı günlerde depolanması sürecinde serbest yağ asitliği değerleri değişimi (%).....	101
Çizelge 4.16. <i>E. coli</i> mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin $4\pm1^{\circ}\text{C}$ farklı günlerde depolanması sürecinde TVB-N değerleri değişimi (mg N/ 100 g).....	103
Çizelge 4.17. <i>E. coli</i> mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin $15\pm1^{\circ}\text{C}$ farklı günlerde depolanması sürecinde TVB-N değerleri değişimi (mg N/ 100 g).....	104
Çizelge 4.18. <i>E. coli</i> mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin $4\pm1^{\circ}\text{C}$ farklı günlerde depolanması sürecinde TBARS değerleri değişimi (mg MDA/kg).....	106
Çizelge 4.19. <i>E. coli</i> mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin $15\pm1^{\circ}\text{C}$ farklı günlerde depolanması sürecinde TBARS değerleri değişimi (mg MDA/kg).....	107
Çizelge 4.20. <i>E. coli</i> mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin $4\pm1^{\circ}\text{C}$ farklı günlerde depolanması sürecinde peroksit değerleri değişimi (meq/kg)...	109
Çizelge 4.21. <i>E. coli</i> mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin $15\pm1^{\circ}\text{C}$ farklı günlerde depolanması sürecinde peroksit değerleri değişimi (meq/kg)	110
Çizelge 4.22. <i>E. coli</i> mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin $4\pm1^{\circ}\text{C}$ farklı günlerde depolanması sürecinde pH değerleri değişimi	111
Çizelge 4.23. <i>E. coli</i> mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin $15\pm1^{\circ}\text{C}$ farklı günlerde depolanması sürecinde pH değerleri değişimi	112
Çizelge 4.24. <i>E. coli</i> mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin $4\pm1^{\circ}\text{C}$ farklı günlerde depolanması sürecinde STK değişimi (%).....	113
Çizelge 4.25. <i>E. coli</i> mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin $15\pm1^{\circ}\text{C}$ farklı günlerde depolanması sürecinde STK değişimi (%).....	114

Çizelge 4.26. <i>E. coli</i> mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin 4±1°C farklı günlerde depolanması sürecinde pişirme kaybı değişimi (%)	116
Çizelge 4.27. <i>E. coli</i> mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin 15±1°C farklı günlerde depolanması sürecinde pişirme kaybı değişimi (%)	116
Çizelge 4.28. <i>E. coli</i> mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin 4±1°C farklı günlerde depolanması sürecinde sızıntı kaybı değişimi (%).....	118
Çizelge 4.29. <i>E. coli</i> mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin 15±1°C farklı günlerde depolanması sürecinde sızıntı kaybı değişimi (%).....	119
Çizelge 4.30. <i>E. coli</i> mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin 4±1°C farklı günlerde depolanması sürecinde toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı değişimi (log kob/g).....	120
Çizelge 4.31. <i>E. coli</i> mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin 15±1°C farklı günlerde depolanması sürecinde toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı değişimi (log kob/g).....	122
Çizelge 4.32. <i>E. coli</i> mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin 4±1°C farklı günlerde depolanması sürecinde Staphylococcus sayısı değişimi (log kob/g)	123
Çizelge 4.33. <i>E. coli</i> mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin 15±1°C farklı günlerde depolanması sürecinde Staphylococcus sayısı değişimi (log kob/g)	124
Çizelge 4.34. <i>E. coli</i> mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin 4±1°C farklı günlerde depolanması sürecinde psikrotrofik bakteri sayısı değişimi (log kob/g).....	125
Çizelge 4.35. <i>E. coli</i> mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin 15±1°C farklı günlerde depolanması sürecinde psikrotrofik bakteri sayısı değişimi (log kob/g).....	126
Çizelge 4.36. <i>E. coli</i> mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin 4±1°C farklı günlerde depolanması sürecinde koliform bakteri sayısı değişimi (log kob/g)	127
Çizelge 4.37. <i>E. coli</i> mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin	

15±1°C farklı günlerde depolanması sürecinde koliform bakteri sayısı değişimi (log kob/g).....	128
Çizelge 4.38. <i>E. coli</i> mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin 4±1°C farklı günlerde depolanması sürecinde maya ve küf sayısı değişimi (log kob/g).....	129
Çizelge 4.39. <i>E. coli</i> mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin 15±1°C farklı günlerde depolanması sürecinde maya ve küf sayısı değişimi (log kob/g).....	130
Çizelge 4.40. Farklı konsantrasyonlarda kekik özütü eklenmiş tavuk kıyması duyusal analizleri	132



1. GİRİŞ

Biyojen amin (BA)'ler düşük moleküler ağırlığa sahip biyolojik olarak aktif alifatik, aromatik ve özellikle de heterosiklik yapılar içeren organik bileşiklerdir. Bitki, hayvan ve mikroorganizmaların metabolik faaliyetleri neticesinde oluşan bu bileşiklerin gıdalarda da mevcut birtakım mikroorganizma ve aminoasitlerin etkileşimleri sonucu meydana geldikleri bildirilmektedir (Izquierdo-Pulido vd. 1996; Stratton vd. 1991). Bu bileşikler insanların özellikle sinir, sindirim, solunum ve kalp-damar sistemlerinde hipertansiyon, alerjik reaksiyonlar, gastrit, baş ağrısı, ödem, depresyon ve kas ağrıları gibi bir takım sağlık problemlerine yol açmasından dolayı gıda güvenliği açısından oldukça önemli role sahiptir (Shalaby 1996). Deniz mahsulleri, fermente gıdalar, et ve süt ürünleri gibi geniş bir gıda grubunda varlığı bildirilen BA bileşiklerinin en önemlileri dopamin (DOP), putresin (PUT), kadaverin (CAD), triptamin (TYP), feniletilamin (PHEM), spermidin (SPM), spermin (SPR), histamin (HIS) ve tiramin (TYR) olup, bu aminler sırasıyla histidin, tirosin, ornitin, lisin, fenil alanin, triptofan ve arjinin amino asitlerinin bakteriyel dekarboksilasyonu ile oluşmaktadır (Özdestan ve Ali 2006; Özoğul 2004; Vatansever 2004).

Gıda maddelerinde BA oluşumu konusunda pek çok mekanizma önerilmekle birlikte en yaygın olanı amino asitlerin dekarboksilasyonu sonucunda ya da aldehit ve ketonların aminasyon ve transaminasyonu ile oluşmasıdır (Maijala vd. 1993). Mikrobiyal yük, gıda maddesinde mevcut aminoasitler, pH, tuz konsantrasyonu, sıcaklık ve nem gibi parametrelere bağlı olarak farklı tür ve konsantrasyonlarda meydana gelen BA'lerin genel olarak adlandırılmasında köken aldığı aminoasit yer almaktadır. Monoamin grubunda yer alan HIS, TYR, TRP ve PHEA, sırasıyla histidin, tirosin, triptofan ve fenilalaninden meydana gelmektedir. Diamin grubunda yer alan PUT ve kadaverin ise ornitin ve lizin aminoasitlerinden oluşmaktadır. Belirtilen biyojen aminler mevcut bulundukları gıdaya özgü dekarboksilaz aktivitesi sonucu meydana geldikleri gibi dekarboksilaz üreten mikroorganizmaların uygun şartlar altında ürettikleri enzim aktivitesi sonucunda da oluşabilmektedir (Akyol vd. 2015).

Sonuç olarak gıdalarda mevcut biyojen aminlerin türü dekarboksilaz enzim üretme yeteneği olan mikroorganizmalar ile birlikte ortamda bulunan amino asit konsantrasyonuna ve uygun kofaktör ve/veya bir indükleyici ile dekarboksilaz enzim sentezi için koşulların uygun olmasına bağlı olduğu söylenebilmektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde laktik asit bakteri grubu (*Leuconostoc*, *Lactobacillus*, *Pediococcus* ve *Streptococcus*) ile *Bacillus*, *Citrobacter*, *Clostridium*, *Klebsiella*, *Escherichia*, *Proteus*, *Pseudomonas*, *Salmonella*, *Shigella* ve *Photobacterium* gibi bakteri türleri biyojen amin üretebilme yeteneğine sahip mikroorganizmalar oldukları literatürde bildirilmektedir (Jeon vd. 2018). Bu nedenle biyojen amin oluşumunu kontrol altına alabilmek için, başta en büyük etken olan mikroorganizmaların büyüme ve gelişmelerine etki eden kritik faktörlerin bilinmesi ve parametrelerinin kontrol altında tutulması gerekmektedir (Maijala vd. 1995).

Gıdalarda biyojen amin oluşumu, öncelikle soğutma ve dondurma, hidrostatik basınç, radyasyon, kontrollü atmosfer paketlenme veya gıdalarda NaCl katkısı ile mikrobiyal gelişimin sınırlandırılmasıyla engellenebilmektedir. Biyojen aminlerin oluşumunun kontrolü, başlıca biyojen amin üreten bakterilerinin gelişiminin engellenmesi ile mümkündür (Naila vd. 2010). Günümüzde bu bakterilerin inaktivasyonu

konusunda nitrit nitrat gibi ticari kimyasallar ve gama ışınlama gibi yenilikçi yöntemler önerilmesine rağmen, gerek bu kimyasallara karşı direncinin giderek artması gerekse uygulanan tekniğin beraberinde getirdiği bir takım kalıntı riskleri nedeni ile geniş aktiviteye sahip yeni biyositler geliştirilmekte ve yeni terapötik teknikler devreye alınmaktadır. Bu bağlamda temel amaç hedef mikroorganizmaların yeterli düzeyde inaktive edilmesinin yanında gıda ürününün kalitesinden ödün vermeyen ve daha da önemlisi insan sağlığını tehdit etmeyen stratejilerin geliştirilmesidir. Belirtilen amaç doğrultusunda yapılan çalışmalar daha çok bakteri, maya ve küf gelişimini inhibe etme potansiyeline sahip sekonder metabolitleri içeren bitkisel özütler üzerinde yoğunlaşmıştır (de Castro vd. 2019).

Gerçekleştirilen çalışmalarda bitkisel aktif bileşenlerin ürünün tat, koku ve aromasına katkı sağlaması, toksik bir yan ürün oluşturmaması ve çoklu ilaca dirençli bakterilere karşı dahi etkili olması diğer avantajlı yönlerini oluşturmaktadır. (El Asbahani vd. 2015; Silva vd. 2021). Genel olarak bitkisel özütlerin mikroorganizmalar üzerindeki etki mekanizması ise bileşimlerinde bulunan fenolik bileşikler ve diğer aktif maddelerin bakteri hücre zarını ve duvarını tahrip ederek hücre geçirgenliğinin bozularına ve akabinde sitoplazma sıvısı iyon dengesinin değişmesine bağlı genetik materyal veya enerji metabolizmasının etkilenerek hücrenin inaktive olmasına bağlanmaktadır (Chan vd. 2018).

Gıdalarda ve özellikle de et ürünlerinde mikrobiyal inaktivasyon amacı ile yaygın kullanılan bitkisel materyaller kekik, karabiber, kırmızı biber, sumak, adaçayı, kimyon, anason, tarçın karanfil ve bu materyallerden çözücü ekstraksiyonu, ultrasonik destekli ekstraksiyon, mikrodalga destekli ekstraksiyon, fraksiyonel distilasyon ve süperkritik akışkan karbondioksit (SKA-CO₂) ekstraksiyonu gibi teknikler kullanılarak üretilen özütlerdir. Bu bağlamda yenilikçi ve çevreci bir ekstraksiyon yöntemi olan SKA-CO₂ sağladığı kalıntı bırakmama, ekonomiklik, daha yüksek saflıkta etken madde eldesi ve ekstraksiyon süresinin kısalığı gibi avantajlarla son dönemde ön plana çıkmaktadır. Tez kapsamında bu yenilikçi uygulama kullanılarak BA azaltımında literatürde ön plana çıkan bitkisel materyallerden aktif maddeleri içeren özütler elde edilmiş ve denenmiştir.

BA oluşumu üzerine etkinliği araştırılacak olan kekik bitkisi antimikrobiyal etkinliği ile bilinmekte olup, bu bitkinin en önemli aktif bileşeni olan karvakrolün gram pozitif ve gram negatif bakterilere karşı güçlü bir antimikrobiyal etkiye sahip olduğu pek çok çalışmada rapor edilmektedir (de Oliveira vd. 2019; Veldhuizen vd. 2006). Karvakrolün bu etkisi genel olarak mikrobiyal hücrede sitoplazmik membranı bozarak, hücre yapısının değişikliğe uğraması sonucu meydana gelmektedir (Xu vd. 2008). Diğer bir bitkisel materyal olan kimyon (*Cuminum cyminum* L.) *Apiaceae* familyasına ait yıllık bir bitki olup, özellikle et endüstrisinde yaygın kullanılan bir baharat çeşididir. Bu bitkide bulunan en önemli aktif bileşenlerin cuminaldehide (30.2%), p-cymene (14.1%), γ-terpinene (12.8%), ve safranal (9.4%) olduğu bildirilen bir çalışmada, farklı konsantrasyonlarda hidrodistilasyon yöntemi ile elde edilmiş kimyon özütlerinin uygulandığı *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis*, ve *Listeria monocytogenes* mikroorganizmalarında minimum inhibisyon konsantrasyonu değerlerinin 0.37–3.0 mg/ml arasında değiştiği sonucuna varılmıştır (Oroojalian vd. 2010). Bununla birlikte kimyonun *Clostridium botulinum*, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Salmonella enteritidis*, *Staphylococcus aureus* bakterilerine karşı antimikrobiyal etkili

olduğu bildirilmektedir (Ceylan ve Fung 2004). BA azaltımı konusunda denenen diğer bitkisel materyal karabiber (*Piper nigrum*) *Piperaceae* familyasının bir üyesi olup gıdalarda gerek tat ve aroma artırıcı gerekse gıda muhafazası amacıyla yaygın bir şekilde kullanılan baharatlar arasında yer almaktadır. Karabiberde bulunan en önemli etken madde piperindir ve bu maddenin de antimikrobiyal etkinliği pek çok bilimsel çalışmaya konu olmuştur (Hikal 2018). Çalışmalar kapsamında denenen son bitkisel materyal olan kırmızıbiber (*Capsicum annuum*) *Solanaceae* familyasına ait dünyanın pek çok yerlerinde baharat olarak kullanılan ekonomik değeri yüksek önemli bir bitkidir. Kapsaisin olarak bilinen bir alkaloid grubunu içermesinden dolayı terapötik özelliklere sahip olup bu madde geleneksel tıpta, romatizmal bozukluklar ve alerjik olmayan rinit rahatsızlığı, ishal, astım, artrit, kas krampları ve diş ağrısı için kullanılmaktadır (Gokare vd. 2003; Kachhwaha 2014). Kapsaisinin aynı zamanda bakteriyel enfeksiyonlara karşı mücadelede antibiyotik uygulama stratejilerine karşı önemli bir antimikrobiyal molekül olduğu bildirilmektedir (Füchtbauer vd. 2021; Marini vd. 2015).

Bitkisel özütlerin antimikrobiyal aktiviteleri daha çok içeriklerinde bulunan sekonder metabolitler, fenolik asitler, uçucu yağ bileşenleri ve spesifik organik asitler nedeniyle gerçekleşmektedir. Bu kapsamda tez çalışmaları çerçevesinde etkisi incelenen kekik, kimyon, kırmızıbiber ve karabiberin bileşiminde bulunan en önemli aktif maddeler sırasıyla karvakrol, kumin, piperin ve kapsaisin olmakla birlikte, bu maddelerin uygun yöntemler kullanılarak özüte edilebilmeleri önem arz etmektedir. Bitkisel özütlerin elde edilmesinde literatürde yaygın olarak adı geçen teknikler çözücü ekstraksiyonu, ultrases destekli ekstraksiyon, mikrodalga destekli ekstraksiyon, hidrodistilasyon ve SKA-CO₂ ekstraksiyonudur. Ekstraksiyon işleminde temel hedef bitki bileşiminde bulunan ve amaçlanan etkiyi gösterme potansiyeline sahip aktif bileşeni mümkün olduğu çerçevede yüksek verimlilikte ve saflıkta alabilmenin yanı sıra, ekstraksiyon işleminde kullanılan çözücü ve yardımcı madde kalıntılarından uzak tutabilmektir. Bu çerçevede organik ve inorganik karakterdeki sıvı solventlerin çoğunun tehlikeli yapısı, ekonomik dezavantajları ve çevresel etkileri dikkate alındığında bunlara alternatif olabilecek yenilikçi yöntemler ön plana çıkmaktadır. Son zamanlarda belirtilen nitelikler açısından avantajlar içeren ve bitkisel materyallerde bulunan aktif bileşenlerin etkili bir şekilde özüte edilebilmesini sağlayan SKA-CO₂ ekstraksiyon tekniği gerek gıda gerekse farmasötik endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır (Silva vd. 2021).

Bu teknik genel olarak materyalde bulunan aktif maddenin süperkritik faza geçirilmiş bir akışkan içinde çözünmesi ve daha sonra basınç azaltılarak çözünen aktif maddenin akışkandan ayrılması olarak gerçekleşmektedir. Genellikle düşük sıcaklıklarda kullanılan yöntem termosensitif aktif bileşen moleküllerine zarar vermeyerek, genel ekstraksiyon prosedürlerinde meydana gelen kimyasal değişiklikleri ve aktif bileşen kayıplarını önleyebilmektedir. Ayrıca sistemde kullanılan CO₂ inert bir gaz olması nedeniyle özüte edilen materyalde solvent kalıntısı bulunmadığından daha saf aktif maddeler elde edilebilmektedir (de Oliveira vd. 2018). Sistemde kullanılan CO₂'nin aynı zamanda ucuz bir hammadde olması, farklı basınç, sıcaklık ve süre kombinasyonları kullanılarak yüksek saflıkta ve kaliteli ürünler elde edilmesi sistemin diğer avantajlı yönlerini oluşturmaktadır.

Bu bilgiler ışığında tez çalışmasının amacı; SKA-CO₂) ekstraksiyonu yöntemi ile elde edilen bazı bitkisel özütlerin et ürünlerinde meydana gelen BA'lerin konsantrasyonları üzerine etkilerinin değerlendirilmesidir. Belirtilen amaca ulaşılabilmesi için; BA oluşumunda rol oynayan mikroorganizmalar ve aminoasitlerin dekarboksilasyon çözeltileri ortamında BA oluşturma kapasitelerinin belirlenmesi, SKA-CO₂ ekstraksiyonu yöntem parametrelerinin en yüksek aktif madde düzeyine sahip bitkisel özütlerin elde edilmesi amacıyla optimizasyonu ve özüt üretimi, elde edilen özütlerin BA içeren dekarboksilasyon çözeltisine farklı konsantrasyonlarda uygulanarak etkili özüt tür ve konsantrasyon değerlerinin belirlenmesi, etkili bulunan bitkisel özütün et numunelerinde denenerek sonuçların karşılaştırılması ve bitkisel özüt ilave edilmiş et numunelerinin kalite analizleri gerçekleştirilmesi çalışmaları yürütülmüştür.

Çalışmadan elde edilen sonuçların son zamanlarda önemli bir halk sağlığı problemi olan gıdalarda BA varlığının son zamanların popüler ekstraksiyon yöntemi SKA-CO₂ tekniği ile elde edilen bitkisel özütlerle giderilmesinde akademik ve endüstriyel çevrelere katkılar sağlaması ümit edilmektedir.

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Biyojen Aminler

BA'ler, özellikle fermente et ürünlerinde bulunan azot içeren bileşiklerdir. Bu bileşiklerin sınıflandırması hem kimyasal bileşimleri hem de moleküler yapıları içinde bulunan amin gruplarının miktarına bağlıdır. Ayrıca kökenleri veya sentezleri temel alınarak da sınıflandırılabilirler, bunlar endojen ve eksojen kaynakları içerir. Endojen kaynaklar, beslenme ve beslenme dışı kaynaklar olmak üzere daha da alt bölümlere ayrılabilirken, eksojen kaynaklar mikrobiyal veya bitki/hayvansal kökenli olabilmektedirler (Linares vd. 2011; Ruiz-Capillas ve Herrero 2019).

BA'ler, ökaryotik ve prokaryotik hücrelerde önemli işlevlere sahiptir. Alkaloidler, nükleik asitler, hormonlar ve proteinlerin sentezi için öncüller olarak görev yaparlar ve sinir sisteminde nörotransmitter olarak işlev görürler. SPM ve PUT, RNA, DNA ve protein sentezi gibi önemli biyolojik işlevler için gereklidir. Prokaryotik hücrelerde, BA üretimi asidik stresle mücadele mekanizmaları, enerji üretimi ve osmotik ve oksidatif stres tepkileriyle ilişkilidir (Premont vd. 2001; Santos 1996).

BA'ler, özellikle yüksek sıcaklık ve nem gibi belirli koşullarda amino asitlerin bakteriyel dekarboksilasyonu ile besinlerde sentezlenir. BA'lerin aşırı tüketimi sağlık sorunlarına neden olabilir ve et ürünlerinde BA'ler üretimi, gıda güvenliği ve kalitesi için önemli bir endişedir. BA'ler üretimi, etin türü, işleme koşulları ve depolama sıcaklığı gibi farklı faktörlerden etkilenir (Spano vd. 2010; Lorenzo vd. 2014). Birçok mikroorganizma BA'ler üretme yeteneğine sahiptir ve uygun hijyen ve sanitasyon uygulamaları (Kuley vd. 2012; Kung vd. 2012; Ly vd. 2020; Özogul 2011; Romano vd. 2012; Wójcik vd. 2021), işleme sırasında sıcaklık ve pH kontrolü ve mikrobiyal başlatıcı kültürlerin kullanımı, etteki BA'ler üretimini azaltabilir (Gardini vd. 2016a; Linares vd. 2011; Naila vd. 2010).

TYR ve HIS gibi bazı bazlar normalde vücuttaki enzimler tarafından detoksifiye edilir, ancak bu sürecin bozulması toksisiteye neden olabilir (Bardócz 1995; Halász vd. 1994). Yüksek amin alımı, enzim eksikliği ve bireysel duyarlılık gibi faktörler, migren, yükselmiş kan şekeri seviyeleri ve kalp atış hızında artış ve hipertansiyon gibi toksisite belirtilerine katkıda bulunabilir (Shalaby 1996). Depresyon ve şizofreni tedavisinde kullanılan ilaçlar, detoksifikasyon mekanizmasını engelleyerek biyojen aminlere duyarlılığı artırabilir. BA'lerin toksik seviyeleri bireysel özelliklere bağlı olarak farklılık gösterebilir ve bazı aminler sinerjistik etkilere sahip olabilir (Premont vd. 2001). CAD ve PUT gibi belirli BA'ler, nitritlerle reaksiyona girerek kanserojen bileşikler oluşturabilir (ten Brink vd. 1990). BA'lerle ilişkili hastalıklar arasında HIS zehirlenmesi ve peynir reaksiyonu bulunur (de Cerio vd. 2016). HIS zehirlenmesi, Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri'nde gıda kaynaklı hastalıkların önemli bir nedenidir (Visciano vd. 2020).

BA'lerin ürünlerde tespiti, değişen toksisite seviyeleri ve bireylerde detoksifikasyon mekanizmaları nedeniyle zordur (Jairath vd. 2015; Ruiz-Capillas ve Jiménez-Colmenero 2005; Stadnik ve Dolatowski 2010). HIS, belirli et ve balık ürünleri için farklı ülkelerde düzenleyici kurumlar tarafından belirlenen yasal limitlere sahip en toksik olanıdır (Karošičová ve Kohajdová 2005). TYR ve PHEA'nın maksimum limitleri bulunmaktadır (Halász vd. 1994; ten Brink vd. 1990). Biyojen amin indeksi (BAI), et

ürünlerinde bir kalite göstergesi olarak kullanılabilir ve taze, yüksek kaliteli et, geçerli et ve bozulmaya başlamış et için belirlenen limitler bulunur (Wortberg ve Woller 1982). Yasal sınırlara uyum, gıda maddelerinin güvenliği ve kalitesini garanti etmek ve halk sağlığını korumak için önemlidir.

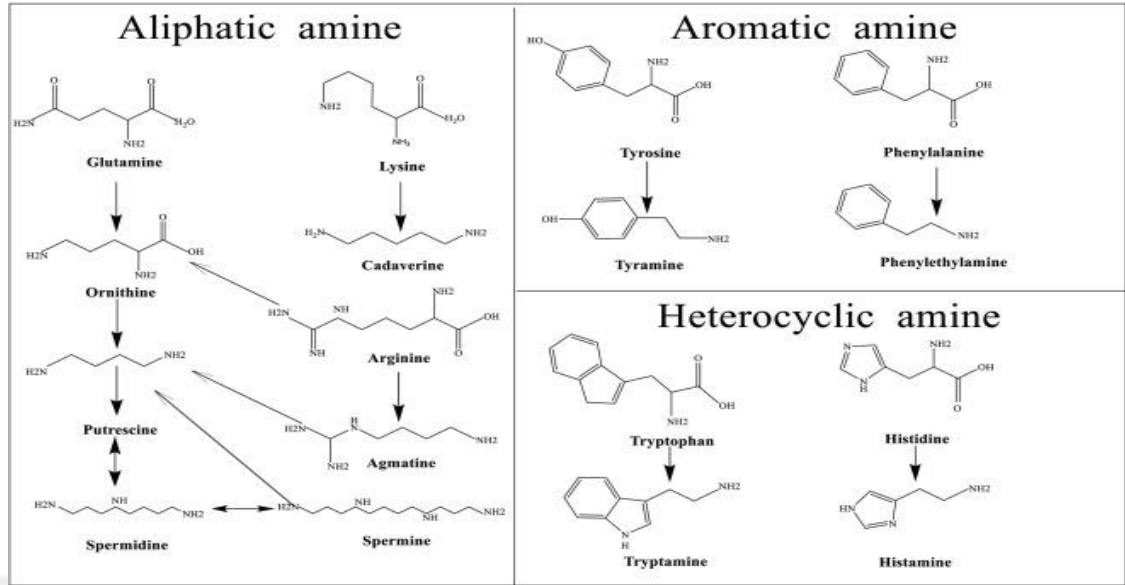
BA'lerin oluşumu, dekarboksilaz aktivitesine sahip mikroorganizmalara doğrudan ilişkilidir (Bardócz 1995). pH, su aktivitesi ve sıcaklık gibi çeşitli faktörlerin yanında bakteri yükü ve çeşitliliği de gıdalardaki BA oluşumunu etkileyebilir (Jairath vd. 2015; Komprda vd. 2008). Ayrıca, BA'lerin oluşumu, amino asit dekarboksilazı üreten mikroorganizmaların varlığına ve esansiyel öncüller olarak faaliyet gösteren serbest amino asitler düzeylerine de bağlıdır (Eerola vd. 1996; Ruiz-Capillas ve Moral 2001).

Belirli başlatıcı kültürlerin kullanılması (Landete vd. 2007; Leroy ve De Vuyst 2004), fermantasyon sırasında pH düşüşü (Gardini vd. 2016a), tuz konsantrasyonunu azaltma, gıda katkı maddeleri ve koruyucu maddeler ilavesi fermente gıdalardaki BA seviyelerini azaltmak için etkili stratejilerdir (Kongpun ve Suwansakornkul 2000). Bununla birlikte, yüksek basınçlı işleme (De Las Rivas vd. 2008; Naila vd. 2010), ışınlama (Ahn vd. 2002a; Ahn vd. 2002b; Kim vd. 2003; Ruiz-Capillas vd. 2007), vakum paketlenme (Özogul ve Özogul 2006; Yassoralipour vd. 2012) ve dumanlama (Rabie vd. 2011) gibi işleme teknolojileri, gıda ürünlerindeki BA seviyelerini azaltmada etkili olduğu gösterilmiştir.

2.2. Biyojen Aminlerin Sınıflandırılması

BA'ler, kimyasal yapılarına göre sınıflandırılabilir (Şekil 2.1.). Bu bağlamda TYR ve feniletülin gibi aromatik bileşikler, PUT, SPM, SPR ve CAD gibi alifatik bileşikler ve HIS ve TRP gibi heterosiklik bileşikler olarak gruplanabilirler (Ruiz-Capillas ve Jiménez-Colmenero 2005; Smith 1981). Ayrıca, amine gruplarının sayısına göre monoaminler (TYR ve PHEA), diaminler (PUT ve CAD) veya poliaminler (SPR ve SPM) olarak ta gruplanmaktadır. Bazı araştırmacılara göre, SPR ve SPM gibi poliaminler, dekarboksilasyonu takiben kondensasyon süreciyle oluşturuldukları için BA'ler olarak kabul edilmemektedirler (Linares vd. 2011).

BA'lerin bir diğer sınıflandırma şekli kökenlerine veya sentezlerine göredir. Belirtilen sistematığe göre yaşayan organizmalar tarafından üretilen endojen veya gıdalardaki mikrobiyal aktivitelerle üretilen ekzojen olarak ayrılmaktadırlar. Endojen BA'ler, normal metabolizma sırasında veya stres, enfeksiyon veya yaralanma gibi çeşitli uyarıcılara yanıt olarak yaşayan organizmalar tarafından sentezlenir. Ekzojen BA'ler ise gıdalardaki mikrobiyal aktiviteler, fermantasyon veya çürüme gibi süreçlerle üretilmektedirler (Linares vd. 2011; Prester 2011; Santos 1996). Endojen BA'ler, kökenlerine göre (1) besinsel ve (2) besinsel olmayan olmak üzere iki alt gruba daha ayrılabilir. Besinsel endojen BA'ler, besin proteinlerinin katabolizması yoluyla elde edilirken, besinsel olmayan endojen BA'ler, sindirim sistemindeki endojen mikroorganizmalar tarafından amino asitlerin dekarboksilasyonu yoluyla sentezlenir. Besinsel endojen BA'ler örnekleri arasında TYR, PHEA ve HIS bulunurken, besinsel olmayan endojen BA'ler örnekleri arasında CAD, PUT ve SPR bulunmaktadır (Linares vd. 2011; Prester 2011; Santos 1996).



Şekil 2.1. Biyojen aminlerin kimyasal yapısı ve öncüleri (Li ve Lu 2020).

Ekzojen BA'ler de benzer şekilde sentezlerine göre de iki alt gruba ayrılabilir: (1) mikrobiyal sentez ve (2) bitki ve hayvan sentezi. Mikrobiyal sentez, laktik asit bakterileri, Enterobacteriaceae ve diğer mikroorganizmalar tarafından gıdaların fermentasyonu sırasında meydana gelir. Mikrobiyal sentezle üretilen BA'lere örnek olarak HIS, TYR ve PUT verilebilirken, bitki ve hayvan sentezi ise muz, domates ve balık gibi belirli bitkilerde ve hayvanlarda meydana gelmektedir. Bitki ve hayvanlar tarafından sentezlenen BA'ler örnekleri arasında serotonin, DOP ve TRP bulunmaktadır (Linares vd. 2011; Prester 2011; Santos 1996)

BA'ler genellikle kökenlerine veya sentezlerine göre sınıflandırılır. Poliaminler, organizmalar tarafından doğal olarak oluşturulan ve gen ifadesi düzenleme, psikoaktif, nörotransmitter, vazomotor, iltihaplanma süreçleri, mide bağırsıklık tepkisi, salgılar, hücre büyüme ve farklılaşma gibi fizyolojik süreçlerde önemli rol oynayan aminlerdir. Diğer yandan, serbest amino asitlerin dekarboksilaz enzimlerinin etkisiyle mikrobiyal aktivite tarafından oluşan BA'ler bulunmaktadır (Ruiz-Capillas ve Herrero 2019).

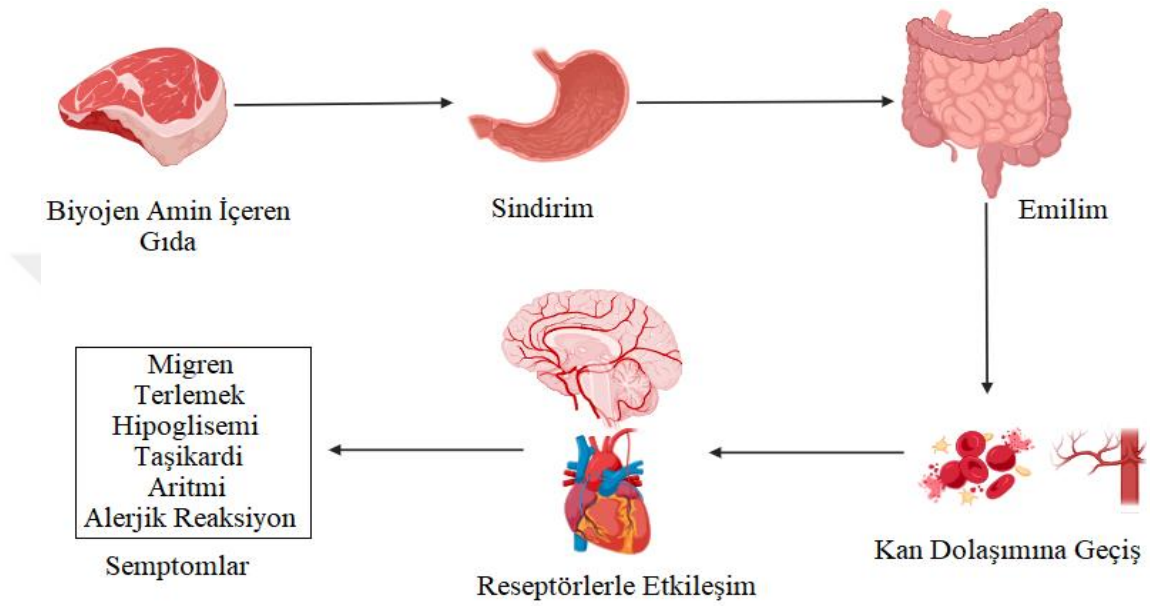
2.3. Biyojen Aminlerin Toksikolojik Etkileri

Vücut normalde monoamin oksidaz, diamin oksidaz ve poliamin oksidaz (MAO, DAO ve PAO) gibi enzimler aracılığıyla gıdalardan TYR ve HIS gibi BA'leri metabolize ederek detoksifiye eder. Ancak, yüksek amin alımı veya enzim eksikliği gibi detoksifikasyon mekanizmalarının bozulduğu durumlarda, BA'ler birikebilir ve toksisiteye neden olabilir. BA'lerin toksisitesi, gıda faktörleri ve bireysel faktörler gibi hem beslenme faktörlerine hem de hassasiyet ve sağlık durumu gibi bireysel faktörlere bağlı olarak değişir (Bardocz 1995; Halász vd. 1994).

İlaçların, alkolün veya genetik faktörlerin inhibisyon etkileri nedeniyle detoksifikasyon mekanizmasında bir bozukluk olduğunda, yüksek miktarda BA içeren gıdaların tüketilmesi bu bileşiklerin dolaşıma girmesine neden olabilir (Şekil 2.2). Bu durum noradrenalin ve adrenalin salınımını uyarak, kan şekeri düzeylerinin

yükselmesine, mide asidi salgısına, taşikardiye, artmış kalp debisine, migrene ve hipertansiyona yol açabilir (Shalaby 1996).

Premont vd. (2001), depresyon ve şizofreni gibi rahatsızlıklara sahip insanların BA'lere karşı daha yüksek duyarlılık gösterdiğini belirtmişlerdir. Bu rahatsızlıkların tedavisinde kullanılan ilaçların bağırsakta detoksifikasyon mekanizmasını inhibe etme yetenekleri bulunmakta olup, bu durum organizmanın BA'lere karşı duyarlılığının artmasına neden olmaktadır (Premont vd. 2001).



Şekil 2.2. Biyogen aminlerin insan sağlığı üzerindeki toksik etkisi

BA'lerin insan vücudunda bireylerin özelliklerine bağlı olması nedeniyle toksik seviyelerini belirlemek zordur. BA'lerin toksik seviyelerini belirlemeye yönelik yapılan çalışmalar, bunların sinerjistik etkilere sahip olduğunu göstermektedir. Önceki çalışmalar, hayvanlarda (domuzlar ve fareler) HIS toksisitesinin indükleyici olarak işlev gören BA'ler (örneğin diamin oksidazı inhibe etme konusunda önemli bir rol oynayan CAD gibi) olduğunu göstermektedir (Lehane ve Olley 2000). CAD ve PUT gibi bazı BA'ler, nitritlerle reaksiyona girerek nitrozaminler oluşturabilir, bu da kanserojen bileşiklerdir ve bu nedenle insan vücudunda tehlikeli bileşikler olarak kabul edilir (ten Brink vd. 1990). HIS zehirlenmesi, scombroid zehirlenmesi olarak da bilinen, özellikle HIS (500 ppm üzeri) içeren gıdaların tüketilmesinden kaynaklanan küresel bir sorundur. HIS zehirlenmesi belirtileri alerjik reaksiyonla benzerlik gösterir ve nefes darlığı, kaşıntı, döküntü, kusma, ateş ve yüksek kan basıncı gibi durumları içerir. Monamin oksidaz inhibitörleri (MAOI'ler) gibi BA'lerin detoksifikasyonunu engelleyen genetik eksiklikleri olan veya ilaç kullanan kişiler, bu duruma daha duyarlıdır (ten Brink vd. 1990). Ayrıca, "peynir reaksiyonu" olarak bilinen gıda zehirlenmesi, peynir ürünlerinde bulunan yüksek miktarda TYR'in tüketilmesinden kaynaklanır ve bu tür bir zehirlenmeye neden olur (Santos 1996). Avrupa Birliği'nde (AB) 2010-2018 yılları arasında HIS zehirlenmesinin meydana geldiği ve insanlar üzerindeki etkilerini gösteren bilgilere Çizelge 2.1.'de yer verilmiştir (Authority ve Prevention ; Authority 2017; Authority 2018; de Cerio vd. 2016; EFSA 2019).

Çizelge 2.1. 2010 ve 2018 yılları arasında Avrupa Birliği'nde histamin zehirlenmesi ile ilişkili salgın vakaları (Visciano vd. 2020).

Hastalık salgını		Vaka sayısı			
Güçlü Kanıt	Zayıf Kanıt	Toplam	İnsan Vakaları	Hastaneye Yatışlar	Yıllar
33	-	33	185	12	2010
58	-	58	259	31	2011
34	-	34	241	14	2012
42	-	42	231	30	2013
35	- **	35	164	15	2014
23	57	80	437	43	2015
28	78	106	489	74	2016 *
56	61	117	572	51	2017
24	56	80	488	115	2018

"Açıklama: * Rapor edilen veriler, HIS, mantar toksinleri, deniz biyotoksinleri, kimyasal ajanlar, lektin ve scombrotoksin gibi birçok etkeni neden olarak belirtmektedir.; ** Zayıf kanıta sahip salgınlar rapor edilen verilere dahil edilmemiştir."

2.4. Biyojen Aminlerin Yasal Limitleri

Gıda ürünlerinin güvenliği ve kalitesini sağlamak için dünya genelinde düzenleyici kurumlar et ürünlerindeki BA'lar için yasal sınırlar belirlemiştir. Bu limitler ürün türlerine ve ülkeye/ bölgeye göre değişiklik gösterir. Gıda maddelerindeki BA'ların toksisitesinin belirlenmesi, diğer bileşiklere bağlı olarak etki dozunun tespiti ve bireylerin iç detoksifikasyon sistemlerinin özel etkinliğinin kişiden kişiye değişmesi nedenleriyle oldukça zordur (Jairath vd. 2015; Ruiz-Capillas ve Jiménez-Colmenero 2005; Stadnik ve J Dolatowski 2010). Çeşitli çalışmalarda, HIS'in en toksik BA olduğu bildirilmektedir. HIS'in 5-10 mg tüketilmesinin kabul edilebilir, 100 mg'ın orta düzeyde toksik ve 1000 mg'ın ise çok toksik olduğu rapor edilmektedir (Karovičová ve Kohajdová 2005). Diğer bir sınıflamada, HIS konsantrasyonu 8 ila 40 mg arasında olan gıdaların sadece hafif toksisiteye neden oldukları, ancak 40 ila 100 mg veya daha yüksek HIS değerleri orta düzeyde ve şiddetli toksisiteye neden oldukları bildirilmektedir (Biji vd. 2016; Visciano vd. 2020). Bu konudaki resmi bir açıklama olarak, Avrupa Komisyonu Yönetmeliği (EC), belirli et ürünleri kategorilerinde TYR, HIS, PUT ve CAD için yasal sınırlarını deklare etmektedir. İlgili rapora göre, konserve ton balığında HIS için yasal limit 200 mg/kg iken, taze ve dondurulmuş su ürünlerinde limit 100 mg/kg, fermente sucuklarda TYR için 100 mg/kg iken, diğer et ürünleri için ise TYR limiti 800 mg/kg olarak bildirilmektedir (European Commission, 2005). Benzer şekilde, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki Gıda ve İlaç İdaresi (FDA), belirli deniz ürünlerinde HIS için kritik seviyeleri belirlemiştir. Bu bağlamda scombroid balıklarında HIS için eşik seviyesi 50 mg/100 g iken, diğer balık türleri için seviye 5 mg/100 g'dır (FDA, 2011). Japonya'da ise Sağlık, Çalışma ve Refah Bakanlığı balık ürünlerinde HIS ve TYR için maksimum izin verilen seviyeleri belirlemiştir. İlgili rapora göre, konserve ton balığında izin verilen maksimum HIS miktarı 200 mg/kg iken, taze ve dondurulmuş ton balığında bu seviye 400 mg/kg olup balık ürünlerinde TYR maksimum izin verilen miktarı 1000 mg/kg'ı aşmaması gerekmektedir (Ministry of Health, Labour and Welfare, 2015).

TYR için et ürünlerinde 100 ile 800 mg/kg arasında bir maksimum limit öneren yönergeler bulunmaktadır ve β -feniletilamin için 30 mg/kg'lık bir limit belirlenmiştir (Halász vd. 1994; ten Brink vd. 1990). Bununla birlikte, TYR toksisite seviyeleri, monoamin oksidaz inhibitörü (MAOI) ilaçlar alan kişiler için farklılık gösterir. Bu çerçevede diyetteki 60 mg/kg TYR migreni tetikleyebilirken, 100-250 mg/kg yüksek tansiyon gibi sağlık sorunlarına neden olmaktadır (Santos 1996). Biyojen Amin İndeksi (BAI), TYR, CAD, PUT ve HIS toplamı olarak et ve pişmiş et ürünlerinde kalite göstergesi olarak kullanılabilir. Wortberg ve Woller (1982) tarafından et ürünleri için 500 mg/kg'lık bir limit belirlenmiştir (Wortberg ve Woller 1982). Ek olarak, başka bir çalışma, etteki BAI limitlerini, <5 mg/kg ise taze ve yüksek kalite, 5 ile 20 mg/kg arasında ise kabul edilebilir kalite, 20 ile 50 mg/kg arasında ise düşük kalite ve >50 mg/kg ise bozulma olarak kategorize etmiştir (Hernández-Jover vd., 1996). Başka bir çalışma, BA için maksimum seviyenin 750-900 mg/kg olduğu önerilmektedir (Ladero vd. 2010). BA'lerin üst sınırları hakkında daha fazla araştırma yapılması gerekmeyle birlikte, bu bileşiklerin gıdalardaki içeriğinin mümkün olduğunca az tutulması gerektiği konusunda bir fikir birliği vardır. Tavuk göğsü ve but eti kalitesi için BAI önerilen limitler, test edilen kümes hayvanı örneklerinin duyuşal ve mikrobiyolojik analiz sonuçları ve toplam bakteri sayı ve duyuşal değerlendirme puanı için kabul edilebilir limitler olan 10^7 kob/g temel alınarak belirlenmiş olup bu kapsamda taze, yüksek kaliteli et için BAI 10 mg/kg'dan az, kabul edilebilir kalite için 10 ile 20 mg/kg arasında ve bozulmaya başlamış et için 20 mg/kg'dan büyük olduğu rapor edilmektedir (Ivanov vd. 2015)

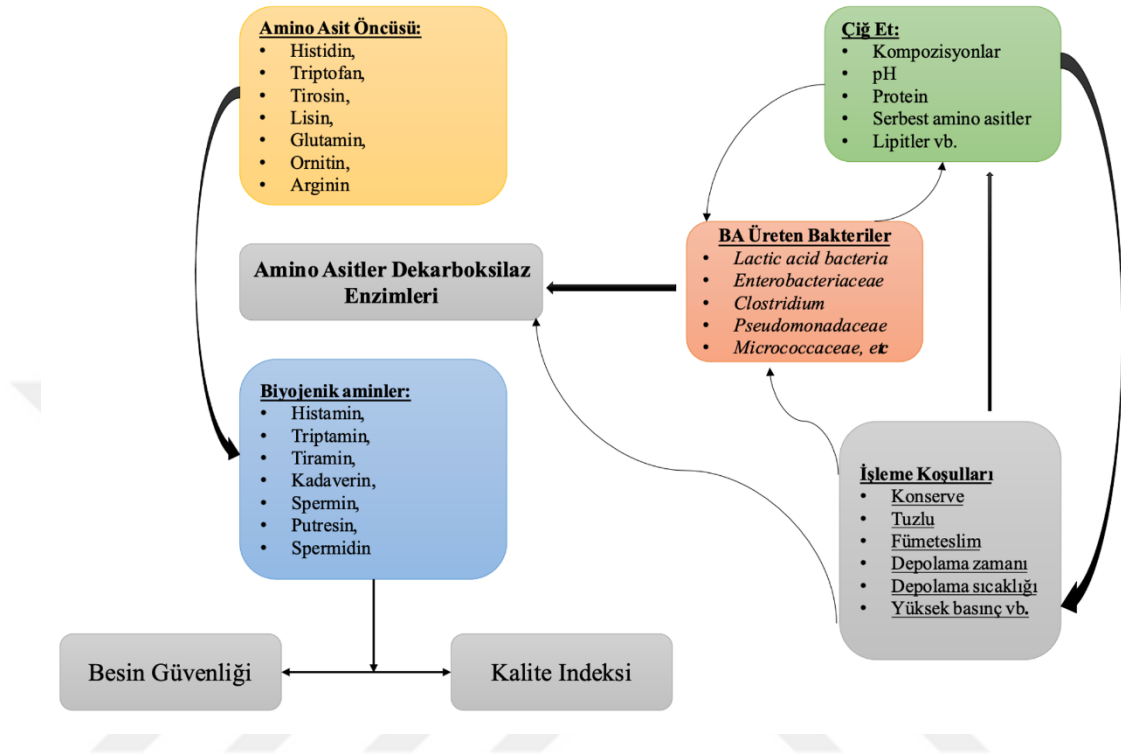
2.5. Biyojen Amin Oluşum Mekanizmaları

Etteki bakteriler, özellikle yüksek sıcaklık ve nem koşullarında amino asitlerin dekarboksilasyon işlemiyle BA'leri oluşturabilirken (Bardócz 1995; Ruiz-Capillas ve Jiménez-Colmenero 2005), su aktivitesi, sıcaklık, pH ve belirli mikroorganizmaların varlığı gibi birçok faktör, BA oluşumunu etkileyebilmektedir (Gardini vd. 2016a).

Gram-negatif ve Gram-pozitif bakterilerin farklı tür ve cinslerinden birçok mikroorganizma, BA'lerin üretme kapasitesine sahiptir ve bu yetenek genellikle suş düzeyinde bir karakteristik olarak kabul edilmektedir (Linares vd. 2011). BA üretebilen bakteri suşlarına örnek olarak, *Escherichia*, *Salmonella*, *Listeria*, *Photobacterium*, *Bacillus*, *Enterococcus*, *Klebsiella*, *Staphylococcus*, *Vibrio*, *Enterobacter* ve *Morganella*, *Shewanella* gibi cinslere ait türleri içerir. *Carnobacterium alterfunditum*, *Leuconostoc gelidum*, *Lactobacillus fuchuensis* ve *Lactococcus piscium* gibi bazı laktik asit bakterisi suşları verilebilir (Kuley vd. 2012; Kung vd. 2012; Ly vd. 2020; Özogul 2011; Romano vd. 2012; Wójcik vd. 2021).

E. coli, *Hafnia alvei*, *Serratia spp.* ve *Klebsiella pneumoniae* gibi birçok Gram-negatif bakterinin HIS ürettiği gösterilmiştir. Öte yandan, özellikle Enterobacteriaceae ailesindeki Gram-negatif bakterilerin PUT ve CAD ürettiği bilinmektedir (Linares vd. 2011; Pircher vd. 2007; ten Brink vd. 1990). Bir araştırma çalışmasında, kümes hayvanı derisinden dekarboksilasyon yeteneğine sahip 88 bakteri suşu izole edilmiş ve bulgular, bu bakterilerin 41'inin Enterobacteriaceae ailesine (*Klebsiella spp.*, *Serratia liquefaciens*, *Escherichia coli*, *Serratia spp.*, *Serratia marcescens*, *Pantora spp.*, *Proteus vulgaris*, *Yersinia enterocolitica* ve *Klebsiella oxytoca* gibi) ait olduğunu göstermiştir (Buňková vd. 2010; Wójcik vd. 2021).

Genel olarak proteinlerin, özellikle serbest amino asitlerin yüksek mevcudiyeti ve sıcaklık ve pH artışı, mikrobiyal gelişimin artması gıda ürünlerinin BA içeriğini artırmaktadır. Şekil 2.3'te BA oluşumunda etkili parametreler grafik halinde sunulmaktadır (Ekici ve Omer 2020; Wójcik vd. 2021).



Şekil 2.3. Biyojen aminlerin oluşumuna etki eden faktörler

Proteolitik aktiviteye sahip bakterilerin bolluğu, ham madde içindeki serbest amino asitlerin birikmesine yol açar. Bu, hem dekarboksilaz enzimleri için bir substrat hem de BA'lerin oluşumu için bir öncül maddedir. Bu nedenle, işleme koşulları, enzim konsantrasyonunu, substrat konsantrasyonunu ve dekarboksilaz aktivitesini etkileyen sıcaklık ve pH gibi diğer faktörler hassas bir şekilde ayarlanmalıdır (Roig-Sagués vd. 2009). Doğru depolama sıcaklığı, BA oluşumunda kritik bir rol oynar. Dondurma, bakteri büyümesini önleyerek BA'lerin oluşumunu azaltır veya önler. Öte yandan, ürünleri yüksek sıcaklıklarda, taze balık veya et için 5°C'nin üzerinde depolamak, et ürünlerinde bakteriyel gelişimi hızlandırarak dokularında proteoliz düzeyinde artışa neden olmakta ve bu proteoliz artışı, dekarboksilaz enzimlerinin daha yüksek aktivitesine ve dolayısıyla daha yüksek BA oluşumuna yol (Naila vd. 2010).

2.6. Et ve Et Ürünlerindeki Biyojen Aminler

BA'ler, et ve diğer et ürünleri gibi çeşitli gıda ürünlerinde bulunabilir. HIS ve TYR gibi aminler, kuru sosis, salam ve jambon gibi fermente et ürünlerinde yaygın olarak bulunur. Bu aminlerin seviyeleri birkaç mg'dan birkaç yüz mg'a kadar değişebilir (Latorre-Moratalla vd. 2010). Vinci ve Antonelli'nin (2002) yaptığı bir çalışma, 36 günlük bir soğutma süresi boyunca kırmızı ve beyaz et örneklerinde BA'lerin varlığını araştırmıştır. Sonuçlar, CAD'in, her iki et türünde de diğer aminlerden daha fazla

miktarda üretildiğini, ancak beyaz ette erken ortaya çıktığını ve hızla arttığını göstermiştir, bu durumun da daha yüksek lisin prekürsörlerinden kaynaklandığı bildirilmiştir (Vinci ve Antonelli 2002). Kim vd. (2005), fermente domuz sosislerinde (pepperoni) TYR, PUT, PHEA, SPM ve SPR seviyelerini sırasıyla 0.61, 0.37, 0.19, 1.18 ve 2.69 mg/kg olarak rapor etmiştir (Kim vd. 2005). Başka bir çalışmada, öğütülmüş domuz ve dana etlerinde BA miktarları araştırılmış ve öğütülmüş dana etinde PUT, CAD, HIS, serotonin, TYR, SPM ve SPR seviyeleri sırasıyla 4.7, 0.1, 1.9, 3.5, 24.7, 1.6, 28.4 ve 64.9 µg/g, öğütülmüş domuz etinde ise 2.3, 0.2, 0.2, 2.3, 1.3, 1.7, 31.3 ve 39.3 µg/g olarak bulunmuştur (Min vd. 2007). 4°C'de dumansız hindi filetolarının depolanması sırasında, başlangıçta hiç BA bulunmazken, BA seviyeleri süreye bağlı olarak kademeli olarak artmıştır. Depolamanın 30. gününde, filetoların içinde TYR, PUT, CAD, SPM, TYR ve HIS seviyeleri sırasıyla 25.0, 2.5, 1.8, 1.7, 4.1, 30.0 ve 32.9 mg/kg olarak bulunmuştur (Ntzimani vd. 2008). Yunanistan'da gerçekleştirilen bir araştırmada perakende pazarlarda bulunan fermente et ürünlerinde bulunan BA'leri incelenmiş ve TYR, PUT, HIS ve CAD'in önemli seviyelerde olduğu tespit edilmiştir. İlgili çalışmada konsantrasyonların sırasıyla 0 ila 510, 0 ila 505 ila 515 ve 0 ila 690 mg/kg arasında değiştiği bildirilmiştir (Papavergou vd. 2012). Mısır'da yapılan bir çalışmada ise, yerel üretim ve ithal edilen mısır eti, sosis, salam (luncheon) ve kıyma örnekleri toplanmıştır. Bulgular, TYR seviyelerinin salamda daha yüksek olduğunu, yüksek CAD seviyelerinin ise dana eti örneklerinde tespit edildiğini göstermiştir. Çalışmada ayrıca BAI, yerel örneklerde < 5 mg/kg olarak iyi düzeyde ve ithal örneklerde ise 5-20 mg/kg arasında olduğu rapor edilmiştir (Algahtani vd. 2020). Ülkemizde yapılan bir çalışmada ise, konserve sardalya, konserve istavrit, konserve ton balığı ve marine edilmiş hamsi gibi balık ürünlerinde HIS ve CAD miktarlarını 26.58 ila 406.5 mg/kg arasında bulmuştur (Bilgin ve Gençcelep 2015). Sosislerde BA içeriğini belirlemek için yapılan bir çalışmada ise at eti sosislerinin ortalama toplam BA içeriğinin en düşük olduğunu (130 mg/kg), hindi eti sosislerinin ise (730 mg/kg) dana sosislerine kıyasla en yüksek ortalama toplam içeriğe sahip olduğu bulunmuştur (Lorenzo vd. 2017; Vasconcelos vd. 2021). Bir çalışmada, salam, kuru sosis, pişmiş sığır eti, çiğ sığır eti, soğanlı sosis, pepperoni sosis, çiğ domuz eti ve dumansız hindi dilimleri de dahil olmak üzere farklı et ürünlerinde HIS, TYR ve CAD gibi BA'ler ölçülmüştür. Kuru sosis örneklerinin, HIS, TYR ve CAD için sırasıyla 200, 320 ve 790 mg/kg konsantrasyonlarında en yüksek seviyelere sahip olduğu görülmüştür (Jairath vd. 2015).

Fermentasyon süreci serbest amino asit öncüllerini artırması nedeni ile BA'lerin de artmasına yol açmaktadır (Jairath vd. 2015). BA'ler, et çeşidine göre farklılık gösterir. Beyaz ve kırmızı etteki ana BA'ler CAD ve TYR'dir. Tavuk etinde TYR konsantrasyonunun, diğer BA'lerin konsantrasyonlarının 4.71 ila 16.03 mg/kg arasında olduğu bulunmuştur (Feddern vd. 2019). Çiğ domuz etinde, PUT, CAD, HIS, SPR ve SPM konsantrasyonları sırasıyla 7.8, 13.3, 4.7, 67.1 ve 7.0 mg/kg olarak bulunmuştur (Jairath vd. 2015). Depolama sırasında BA'lerin oluşumu üzerine yapılan bir çalışmada başlangıçta, TRP, PHEA, PUT, CAD, HIS ve TYR seviyelerinin sırasıyla 1.45, 1.25, 1.79, 0.15, 0.94 ve 2.49 (mg/kg) olduğu bulunurken depolamanın sekizinci gününde, bu BA'lerin seviyeleri sırasıyla 10.66, 3.63, 62.87, 1.63, 30.30 ve 110.40 (mg/kg) olduğu bulunmuştur (Wang vd. 2021). Bu sonuçlar, Wejia vd. (2021) tarafından elde edilen sonuçlarla örtüşmektedir; onlar da depolamanın başlangıcında PUT, SPM, PHEA, TRP ve HIS gibi BA'lerde önemli artışlar olduğunu, ardından depolamanın sekizinci gününe kadar daha yavaş bir artışın gösterildiğini bildirmişlerdir (Wang vd. 2021). Taze veya

işlenmiş et ürünlerinde depolama sırasında bulunan BA'lerin çoğunluğu HIS, CAD, PUT, SPR, SPM ve TYR'dir (Galgano vd. 2009). Ette doğal olarak bulunan BA'ler arasında SPR ve SPM gibi aminler de vardır, bunların içerikleri depolama süresince azalır veya sabit kalır (Hernández-Jover vd. 1997; Ruiz-Capillas ve Jiménez-Colmenero 2005).

Balıkta, en yaygın BA'ler DOP, TYR, SER, SPN, SPD, AGM ve PUT'dir (Paleologos vd. 2004). Piliç eti, sığır eti ve domuz eti gibi etlerde CAD ve PUT konsantrasyonlarında soğutma depolama süresi boyunca artış gösterdiği ancak SPM ve SPR seviyelerinin ise üçüncü günün ardından azalma eğiliminde olduğu rapor edilmiştir (De Mey vd. 2014; Jastrzębska vd. 2016). Yüksek CAD ve PUT seviyeleri, HIS ve TYR toksik etkilerini artırmaktadır (Rabie vd. 2014). Bu nedenle, PUT ve CAD seviyeleri, et kalitesinin bir göstergesi ve ürünün kabul edilebilirliği olarak önerilmiştir (Ruiz-Capillas ve Jiménez-Colmenero 2005). Somon filetolarındaki BAI seviyelerini araştırıldığı bir çalışmada depolama süresi boyunca BAI seviyesinin arttığı gösterilmiş ve depolama süresi boyunca BAI seviyelerinin 7,93 ila 65,37 mg/kg arasında arttığı bildirilmiştir (Wang vd. 2019). Kuru sosislerde toplam BA ve CAD, HIS, TYR, PUT, TRP ve 2-feniletanolamin seviyeleri incelenmiştir. Deneyin başında, sosislerdeki toplam BA miktarının 25.2 mg/kg olduğu ancak depolama süresince, özellikle dokuzuncu gününde, bu miktarın dramatik bir şekilde 239.8 mg/kg'a yükseldiği gözlemlenmiştir (Sun vd. 2016).

Çiğ balıkta PUT seviyelerinin depolama süresi boyunca arttığı bir çalışmada, taze balıkta başlangıçta PUT miktarının 1.40 mg/100 g olduğu ancak zamanla arttığı ve bu durumun bu balık ve diğer et ürünleri için sıcaklık ve depolama süresine bağlı olduğu gözlemlenmiştir (Ozogul vd. 2018).

Hammadde kalitesi, işleme koşulları ve belirli bakterilerin varlığı gibi çeşitli faktörler, et ürünlerindeki BA'lerin oluşumunu etkileyebilir. Et ürünlerindeki BA'lerin üretimi, doğru başlangıç kültürlerinin ve işleme yöntemlerinin kullanılmasıyla kontrol altına alınabilir.

2.7. Etlerin Bozulma Mekanizmaları

2.7.1. Mikrobiyal bozulma

Et ve et ürünleri, çeşitli mikro floralar (bakteriler, mayalar ve küfler) için mükemmel birer büyüme ortamı sağlamaktadır (Jay vd. 2006). Bu mikroorganizmaların ana kaynakları hayvanın bağırsak yolu ve derisidir. Etteki mikro flora kompozisyonu, (a) kesim öncesi yetiştirme uygulamaları (serbest dolaşım ve yoğun yetiştirme), (b) kesim zamanındaki hayvanın yaşı, (c) kesim, iç organların çıkarılması ve işleme sırasında yapılan işlemler, (d) kesim, işleme ve dağıtım sırasında sıcaklık kontrolleri, (e) koruma yöntemleri, (f) ambalaj türü ve (g) tüketici tarafından yapılan işleme ve depolama gibi çeşitli faktörlere bağlıdır (Cervený vd. 2009). Ette bozulma öncesi bulunan en yaygın bakteri cinsleri *Staphylococcus*, *Bacillus*, *Campylobacter*, *Clostridium*, *Listeria*, *Salmonella* vb. dir. Ette bulunan küf türleri arasında *Cladosporium*, *Geotrichum*, *Penicillium*, *Mucor* yer alırken, maya türleri arasında *Candida spp* ve *Cryptococcus sp* gibi mikroorganizmalardır (Garcia-Lopez vd. 1998). Depolama koşulları, et ve et ürünlerinde bulunan mikroorganizmaların türünü etkiler. Et için bozulma bakterilerinin büyümesi için uygun pH aralığı 5.5-7.0'dır. Bu pH aralığındaki mikrobiyal büyüme

sonucunda ette sümüksü oluşum, yapısal bileşenlerin bozulması, kötü kokular ve görünüm değişikliği gibi farklılıklar gözlemlenmektedir (Russell vd. 1995).

2.7.2. Lipid oksidasyonu

Lipitlerin oto oksidasyonu, yağ asitlerini etkileyen ve etin oksidatif bozulmasına ve istenmeyen tatların oluşumuna yol açan doğal süreçlerdir (Addis 2015). Hayvanların kesiminden sonra, dolaşım durduğunda ve metabolik süreçler engellendiğinde dokulardaki yağ asitleri oksidasyona uğrar (Linares vd. 2007). Etteki lipit oksidasyonu, yağ asidi bileşimi, antioksidan vitamin E seviyesi ve kaslardaki serbest demir gibi prooksidanların varlığı gibi birkaç faktöre bağlıdır. Çoklu doymamış yağ asitleri, lipit oksidasyonuna daha yatkındır. Membran fosfolipitlerinin yüksek oranda doymamış yağ asit fraksiyonlarının lipit oksidasyonu sonucunda hidroperoksitler üretilir ve bu hidroperoksitler daha fazla oksidasyon/parçalanmaya yatkındır (Enser 2001). Bunların kırılması, aldehitler ve ketonlar gibi oksijenli bileşikler üretir. Bu ikincil ürünler, lipitler, pigmentler, proteinler, karbonhidratlar ve vitaminler üzerindeki ciddi etkiler nedeniyle renk ve besin değeri kaybına neden olabilir (Addis 2015).

Ette, lipit hidrolizi enzimatik veya enzimatik olmayan yollarla gerçekleşebilir. Yağların enzimatik hidrolizi, lipaz, esteraz ve fosfolipaz gibi belirli enzimler tarafından yönetilen lipoliz veya yağ bozulması olarak adlandırılır. Lipolitik enzimler, gıda ürününün endojen yapısında (örneğin süt) veya psikrotrofik mikroorganizmalardan türetilmiş olabilir. Lipaz enzimleri, hayvanların derisinde, kanında ve dokusunda bulunur. Lipoliz sırasında, lipazlar gliserinleri parçalayarak, sıklıkla ransidite olarak adlandırılan yaygın istenmeyen tada neden olan serbest yağ asitleri oluşturur (Ikape 2017). Et lipit hidrolizinde yer alan ana enzimler fosfolipaz A1 ve fosfolipaz A2'dir (Toldrá 2006). Enzimatik olmayan hidroliz, oksidasyona yatkın olan ve hidroperoksitler üreten hemoglobin, miyogloblin ve sitokrom gibi heme proteinler tarafından meydana gelir (Kanner 1994).

2.7.3. Otolitik bozulma

Hayvanların kas hücrelerinde, kesimden sonra meydana gelen ve etin bozulmasının başlıca nedeni olan enzimatik işlemler doğal süreçlerdir. Enzimler, diğer organik bileşiklerle kimyasal olarak birleşme yeteneğine sahip olup, sonunda etin kendi kendine bozulmasına yol açan kimyasal reaksiyonlar için katalizör görevi görürler (Addis 2015). Otoliz sürecinde, dokuların karmaşık bileşenleri (karbonhidratlar, yağlar ve proteinler) daha basit bileşenlere ayrılarak etin yumuşamasına ve yeşilimsi renk değişikliğine neden olur. Bu otoliz değişiklikleri, mikrobiyal bozulma için ön koşul olan proteoliz ve yağ hidrolizini içerir. Aşırı otoliz “ekşime” olarak adlandırılır. Polipeptitlerin postmortem parçalanması, doku proteazlarının bir sonucu olup, etin lezzetinde ve dokusundaki değişikliklerden sorumludur (Toldrá ve Flores 2000).

Kalpainler, katepsinler ve aminopeptidazlar gibi enzimler, miyofibrilin z-hattı proteinlerinin sindirimi yoluyla etin postmortem otolizinden sorumlu bulunmuştur (O'Halloran vd. 1997). Bu enzimler arasında, kalpainler, etin proteolitik yumuşatma sürecine ön katkıda bulunan olarak tanımlanmıştır. Proteolitik enzimler, düşük sıcaklıklarda (5°C) aktiftir ve bu da mikropların büyümesi ve BA'lerin üretimi nedeniyle et kalitesinin bozulmasına yol açar (Kuwahara ve Osako 2003).

2.8. Etlerin Kalite Özellikleri

Kalite, ürün birimlerini birbirinden ayıran ve bu birimlerin kullanıcı tarafından kabul edilebilirlik derecesini belirleyen özelliklerin bütünü olarak tanımlanabilir (Groom 1990). Ancak et endüstrisi için, et kalitesi; fiziksel, kimyasal, morfolojik, biyokimyasal, mikrobiyal, duysal, teknolojik, hijyenik, besinsel ve mutfak özellikleri dahil olmak üzere etin genel özelliklerini tanımlamak için kullanılan bir terimdir (Igrn 1989). Görünüm, doku, sulu olma, su tutma, sertlik, yumuşaklık, koku ve lezzet, tüketicilerin bir et ürününü satın almadan önce ve sonra ilk ve nihai kalite yargısını etkileyen en önemli ve algılanabilir et özellikleridir (Cross vd. 1986). Ayrıca, katma değerli et ürünleri üreten işleyiciler için, su tutma kapasitesi, kesme kuvveti, damlama kaybı, pişirme kaybı, pH, raf ömrü, kollajen içeriği, protein çözünürlüğü, yapışkanlık ve yağ bağlama kapasitesi gibi ölçülebilir et özellikleri, yüksek kalite ve karlılık sağlayacak son ürünün mükemmel fonksiyonel özelliklerini elde etmek için en önemli parametrelerdir (Allen vd. 1998).

Dünya çapında kullanılan kümes hayvanları derecelendirme sistemi, etin işlevsel özelliklerini dikkate almadan, yalnızca konformasyon, karkas kusurlarının varlığı veya yokluğu, morluklar, eksik parçalar ve deri yırtıkları gibi estetik özelliklere dayanmaktadır. Bu durum, ileri işleme endüstrisinin gelişimini engellemiştir. Artan sağlık bilinciyle tüketiciler, tükettikleri gıdaların besin değerinin farkına varmaktadırlar. Bu bilgi, fiziksel olarak fit ve ince olma üzerine günümüzdeki vurgu ile birleşerek, Light, Lean, düşük yağlı, azaltılmış yağlı, azaltılmış kalorili vb. gıda etiketlerine olan vurguyu artırmıştır (John vd. 2016). Kümes hayvanı eti ve yumurta ürünleri, yüksek besin içeriği ve nispeten düşük kalorik değerleri nedeniyle bu artan talebi karşılamak için doğal adaylardır. Bir kümes hayvanı ürününün tüketicinin beklentilerini karşılayıp karşılamadığı, döllenmiş yumurtadan başlayarak kuşun gelişiminin çeşitli aşamaları, üretim ve işleme süreçleri ile tüketim koşullarına bağlıdır (Mir vd. 2017a)

Et ürünlerinin güvenliği ve kalitesini sağlamak için farklı yönleri kapsayan birkaç test yapılır. Fiziksel olarak, Su Tutma Kapasitesi (STK) ve pH ölçümü gibi testler gerçekleştirilir. STK, etin nemini tutma yeteneğini değerlendirir; bu da dokuya ve suluğa önemli katkı sağlar. pH ölçümü ise asitlik seviyesini belirler; bu da mikrobiyal büyüme ve raf ömrünü etkileyebilir. Kimyasal olarak, Toplam Uçucu Azot (TVN) ve Tiobarbitürik Asit (TBARS) testleri yaygın olarak kullanılır. TVN ölçümü, protein parçalanma ve bozulma derecesini gösterirken, TBARS ise lipid oksidasyonunu değerlendirir; bu da raf ömrü süresince oluşabilecek bozulmaları işaret eder. Mikrobiyal testler arasında, Toplam Bakteri Sayısı ve koliform bakteri analizi, mikrobiyal kontaminasyonu izlemek için önemlidir. TAB, genel mikrobiyal yükü değerlendirir ve hijyen uygulamaları ile depolama koşullarını yansıtırken; koliform bakteri varlığı potansiyel dışkı kontaminasyonunu gösterebilir. Bu kapsamlı testler, et ürünlerinin tüketicilere ulaşmadan önce güvenliği, kalitesi ve tazeliği açısından sağlanır.

2.8.1. Fiziksel özellikler

Et kalitesi özellikleri olan yumuşaklık, su tutma kapasitesi, renk, sulu olma ve raf ömrü gibi özellikler üzerinde pH'ının doğrudan bir etkisi vardır. Yüksek pH'lı piliç göğüs eti, düşük pH'lı etten daha yüksek su bağlama kapasitesine sahiptir. Piliç etinin pH değeri, kesim öncesinde kaslardaki glikojen miktarına ve kesim sonrası glikojenin laktik aside dönüşüm hızına bağlıdır. Etin renginin belirlenmesi, etin pH değerini anlamak için kolay

bir yoldur. Eğer et çok koyu renkliyse yüksek pH'a, çok açık renkliyse düşük pH'a sahip olacaktır (Anadon 2002). Göğüs filetolarının rengi ile etin pH değeri arasında doğrudan bir ilişki bildirilmiştir (Fletcher 1995). İn vitro çalışmalar, bir birim pH düşüşünün protein denatürasyon hızını 12 kat artırdığını göstermektedir (Offer 1991). Düşük pH'ının, kaslardaki proteinlerin yayılmasına neden olarak ışığın yüzeyden farklı yansımaya ve dolayısıyla açık renge neden olduğuna inanılmaktadır. Göğüs etinin rengindeki değişiklikler, özellikle pH etkileri nedeniyle, raf ömrünü, koku gelişimini, marine ederken nem alımını, damlama kaybını, su tutma kapasitesini ve pişirme kaybını etkilemiştir (Allen vd. 1998).

STK, etin tümünü, kendi suyunun bir kısmını veya eklenen suyu tutma yeteneği olarak tanımlanır veya kesme, ısıtma, öğütme veya presleme gibi dış kuvvetler uygulandığında suyunu koruma yeteneğidir. Bu, pişirmeden önceki görünümü etkileyen ve pişirme ve çiğneme sırasında sulu olma ve diğer özellikleri belirleyen ette önemli bir özelliktir. Su tutma kapasitesi, pişirme verimi, taşıma ve depolama sırasında nem kayıpları, pişmiş etin organoleptik özellikleri, renk solması, düşük su tutma ve diğer kalite özellikleri üzerinde etkili olan önemli bir özelliktir (Apple ve Yancey 2013).

Kas proteinlerinin artan ekstraksiyonu ve çözünürlüğü, su molekülleri için artan bağlanma yerlerine yol açar ve bu da STK'nin iyileştirilmesine ve dolayısıyla ekonomik değere doğrudan bir etkiye sahiptir. STK ile ilgili olarak, proteolitik enzimlerin su tutma kapasitesi yüzdelere azaltıldığını ortaya koymuştur. İşlenmiş bir et ürününden serbest bırakılan su sıklıkla pişirme verimi olarak tanımlanır ve bu doğrudan STK ile ilişkilidir. STK hem et içindeki bağlı suya hem de et işlemeyle bağlantılı çeşitli işlemler sırasında eklenen suya atıfta bulunur (Warner 2023).

Isıtma, farklı sıcaklıklarda proteinlerin denatürasyonunu tetikler ve bu da hücre zarlarının yıkımı, enine hücre zarları, kas liflerinin enine ve boyuna büzülmesi, sarkoplazmik proteinlerin agregasyonu ve bağ dokusunun büzülmesi gibi yapısal değişikliklere neden olur; bunlar pişirme kayıplarına yol açar (Hamm 1977; Honikel 1998; Offer ve Trinick 1983). Su kaybı, etin maruz kaldığı depolama ve çeşitli diğer koşullara bağlı olarak farklı zaman alacaktır. Eti pişirmek, gıda kaynaklı hastalıklara neden olan mikroorganizmaları ortadan kaldırmanın en etkili yolu olarak kabul edilir. Yine de, tüketicilerin en az %30'u eti yeterli bir şekilde pişirmemektedir (Roccato vd. 2015). İşlenmiş bir et ürününden serbest bırakılan su sıklıkla pişirme verimi olarak tanımlanır ve bu doğrudan STK ile ilişkilidir. Bu özellikler birbirleriyle ilişkilidir ancak her zaman güçlü bir korelasyona sahip değildir. Özellikle, pişirme kaybı oldukça farklı etkileyen faktörlere sahip olabilir ve bu nedenle diğer özelliklerin ölçümlerinden çıkarılmamalıdır (Pospiech ve Montowska).

Sızıntı kaybı, hiçbir kuvvet uygulanmadan serbest bırakılan suyun değerlendirilmesi yöntemidir. Sızıntı kaybı, örneğin yüzey alanına ve ağırlığına bağlıdır (Honikel 1998). Sızıntı kaybı, postmortem kas içindeki suyun interfilamental boşluktan interfibrillar sıvıya ve oradan ekstraselüler alana hareketindeki değişikliklerden etkilenir; bu değişiklikler pH düşüşüyle tetiklenir (Le Bihan-Duval vd. 2001). Su kayıpları, pre-rigor pH düşüşü tarafından indüklenen miyofibrillerin hacim değişikliklerinden ve rigor sırasında miyosin başlarının aktin filamentlerine bağlanmasından ve pH düşüşü nedeniyle miyofibrillerin büzülmesinden kaynaklanır. Proteinlerin denatürasyonu da, özellikle hızlı pre-rigor pH düşüşü koşullarında su tutma kapasitesi de azalmaya katkıda bulunabilir. Bu

şekilde dışarı atılan sıvı, lif demetleri arasında birikir. Bir kas kesildiğinde, sıvının viskozitesi yeterince düşükse ve kapiller kuvvetler onu tutmuyorsa, bu sıvı yerçekimi altında yüzeyden akar (Honikel 1998). Moran ve Todd (1994), etin sızıntı kaybının, soğutma veya dondurma yoluyla depolama süresi arttıkça arttığını ve bu durumun ağırlık kayıplarına yol açtığını fark etmişlerdir. Yapılan bir çalışmada, Balice, Polonya’da Ross 308 tavuklarının göğüs kaslarında, en yüksek sızıntı kaybı (%0.39) depolamanın ilk 24 saatinde bulunmuştur (Wojtysiak ve Połtowicz 2006). Sonraki günlerde, ortalama olarak depolamanın 1. ve 4. günü arasında günde %0.26’dan, 4. ve 7. gün arasında günde %0.08’e kadar değişmiş ve 7 gün sonra toplam %1.39 olmuştur. Erken postmortem olayların, pH düşüşünün hızı ve derecesi, proteoliz ve hatta protein oksidasyonu dahil, etin nemi tutma yeteneğini etkilemede anahtar olduğu açıktır (Huff-Lonergan ve Lonergan 2005).

2.8.2. Kimyasal özellikler

Serbest yağ asitleri, aynı zamanda asit değerleri olarak da adlandırılır ve 1 gram yağdaki serbest yağ asitlerini nötralize etmek için gerekli olan sodyum hidroksit veya potasyum hidroksit miktarı olarak tanımlanır. Serbest yağ asitleri tahmini, yağın kullanım için uygunluğunu belirlemede önemlidir (Shahidi ve Wanasundara 2002). Triasilgliserollerin ve fosfolipitlerin ilerleyen enzimatik parçalanması serbest yağ asitleri üretmektedir (Buscailhon vd. 1994; Esteraseaktivitiit 1992) Serbest yağ asitlerinin mikrobiyal etkiyle üretildiğini ve oksidatif ransiditenin gelişimini hızlandıracağını bildirmiştir. Genel olarak, lipazların hidrolitik aktivitesi, mikrobiyal metabolik süreçler ve lipolizde serbest bırakılan serbest yağ asitleri üzerinde çalışan oksidatif reaksiyonlar, yağdaki serbest yağ asitleri miktarını etkiler (Aksu 2007). Bu reaksiyonlar hem ham maddeye hem de üretim sürecine doğrudan bağlıdır. Rao ve Kowale (1991), uzun süreli et depolamanın, %1’den fazla doymuş ve doymamış yağ asitlerinin serbest bırakılmasına katkıda bulunacağını, -18°C’de dondurmanın ise özellikle oleik ve linoleik asitlerdeki serbest yağ asitlerini azalttığını bildirmişlerdir (Rao ve Kowale 1991).

Kolsarıcı vd. (2010), göğüs tavuk etindeki başlangıç serbest yağ asitleri değerinin %1.93 olduğunu göstermiştir (Kolsarıcı vd. 2010). Serbest yağ asitleri değeri, mikrobiyal ve kas kökenli lipolitik enzim aktivitesi nedeniyle serbest yağ asitliğinin birikmesinden kaynaklanan hidrolitik ransidite ölçüsüdür ve gıdalarda istenmeyen tat bırakabilir (Schafheitle ve Edwards 2007). Serbest yağ asitliği tahmini, yağın kullanım için uygunluğunu belirlemede önemlidir (Shahidi ve Wanasundara 2002). Tavuk yağı, özellikle esansiyel yağ asitleri açısından yüksek oranda doymamış yağ asitleri içerir (Ajuyah vd. 1993; Damia vd. 1995). Depolama süresi boyunca et yağının çift bağları okside olur ve bu, esansiyel yağ asitlerinin hidrolizi ve peroksitlerin, etin bozulması, ketonların ve aldehitlerin üretimi gibi ette hoş olmayan değişikliklere yol açar (Wang vd. 1997). Bu, özellikle renk, tatlar ve koku açısından et kalitesinin birçok bileşeninde hoş olmayan değişikliklere yol açacak, doymamış yağ asitleri için oksidaz ürünlerinin üretimi ve insan sağlığı üzerinde kötü etkileri olan uçucu bileşiklerin üretimi ile kolesterol kompozisyonunda değişikliklere yol açacaktır (Skibsted 1998).

Bozulma mekanizmaları sonucu proteinler ve diğer azot (N) içeren bileşiklerin bozulması, genellikle toplam uçucu bazik azot (TVB-N) olarak bilinen organik aminlerin birikmesine neden olur. Bu bileşikler toksiktir ve et ürünlerinin kabul edilebilirliğini etkileyen önemli renk ve lezzet değişikliklerine yol açar (Bian vd. 2019). TVB-N içeriği,

etin depolama süresiyle birlikte artar ve genellikle mikrobiyal sayım ve duyuşsal kabul edilebilirlikteki değişiklikler gibi diğer bozulma biyomarkerlerinin birikme modeliyle paralellik gösterir (Li vd. 2018). Et ürünlerinde TVB-N'ye önemli bir katkıda bulunan trimetilamin (TMA) birikimi, TVB-N ve TMA içeriklerinin et ürünlerinin kalite göstergeleri olarak adaptasyonuna yol açmıştır (Bekhit vd. 2021).

Tavuk etinin ana bileşeni protein olup, mikroorganizmalar tarafından parçalanır ve sonunda BA'ler gibi uçucu olmayan ve dimetilamin ve trimetilamin gibi uçucu aminler ile TVB-N dahil çeşitli aminler üretilir. Sonuç olarak, bu bileşikler depolama sırasında taze tavuk etinin kalite göstergeleri olarak kullanılabilir (Rukchon vd. 2011). TVB-N, günümüzde etin bozulma derecesini tahmin etmek için en yaygın kullanılan yöntemlerden biridir. Bozulma bakterileri tarafından üretilen trimetilamin, dondurulmuş depolama sırasında otozomal enzimler tarafından üretilen dimetilamin, amino asitlerin ve nükleotit katabolizlerinin deaminasyonu ile üretilen amonyak ve bozulma ile ilişkili diğer uçucu azotlu bileşiklerin ölçümünü içerir (Malle ve Poumeyrol 1989). TVB-N, et proteinindeki ve diğer azot bileşiklerindeki herhangi bir değişikliğin göstergesi olarak kabul edilir. Depolama sırasında TVN artışı, depolama öncesindeki koşullara bağlıdır ve ardından kimyasal, bakteriyel değişikliklere, proteolize ve aminlerden ve amonyaktan azot bazının üretimine yol açar (Ruiz-Capillas ve Jiménez-Colmenero 2004). Farklı dondurulmuş etler üzerinde yapılan birçok çalışma vardır ve bu çalışmalarda TVB-N, depolanan et türünün bir göstergesi olarak takip edilmiştir. Bu çalışmalar, depolama süresi boyunca ve farklı derecelerde TVB-N artışına atıfta bulunmuştur. Bu artışlar, sıcaklık, depolama süresi ve et türü gibi farklı faktörlere bağlıdır (Balamatsia vd. 2007; Rukchon vd. 2011). Genel olarak, 30 mgN/100gm et değeri, gıdalarda kabul edilemez sınırı temsil eder (Jay 1972).

Lipitlerin oto oksidasyonunun birincil ürünleri hidroperoksitlerdir. Kas gıdalarındaki oksidatif değişiklikleri izlemenin yaygın bir yöntemi, lipitlerinin peroksit değerinin belirlenmesidir. Et ve et ürünlerindeki peroksitler, (Gray 1978) tarafından açıklandığı gibi çeşitli tekniklerle ölçülebilir. Peroksit değeri genellikle yağ başına miliekivalan (meq) iyot cinsinden rapor edilir ve genellikle iyodometrik bir yöntem kullanılarak belirlenir (Fiedler 1974; Shahidi 1994). Deney numunesindeki oksijenin varlığından ve lipid çift bağlarının iyot alımından kaynaklanan müdahaleler mümkün olsa da, bu yöntem yine de yağlı gıdaların oksidatif durumunu değerlendirmek için yaygın olarak kullanılmıştır. Belirli bir peroksit değeriyle ulaşma süresi, et lipitlerinin oksidatif stabilitesinin bir göstergesi olarak kullanılabilir (Shahidi 1994). Antioksidanların ve gıda işlemenin lipitler üzerindeki etkisi sıklıkla bu şekilde izlenir. Böylece, belirli bir peroksit değeriyle ulaşmak için daha uzun bir süre, genellikle incelenen katkı maddesi için daha iyi bir antioksidan aktiviteyi gösterir (Shahidi 1994).

Et ürünlerinin raf ömrünü belirlemede lipid oksidasyonu çok önemli bir kriterdir. Bu süreç, moleküler oksijen ile membranların doymamış fosfolipit fraksiyonları ve doymamış yağ yiycileri arasındaki reaksiyonlar nedeniyle başlar ve peroksitler, hidroksitler ve karbonil bileşiklerin oluşumuna yol açar. İz elementlerin varlığında, kötü duyuşsal özelliklere ve besin kalitesi kaybına yol açan asitler, aldehitler, alkol ve ketonlar gibi birkaç radikal olmayan bileşik üretilir (Benzie 1996; Valenzuela ve Nieto 1996). Lipid oksidasyon süreci sırasında oluşan ara bileşikler (serbest radikaller, hidroperoksitler, reaktif oksijen türleri vb.) çok kısa yarı ömürlere sahiptir, bu da onların tespitini ve niceliklerini çok zorlaştırır. Bu nedenle, alternatif olarak, oksidatif stres, MDA (malondialdehit) gibi daha kararlı bileşiklerin değerlendirilmesiyle ölçülür. TBA

(tiyobarbitürik asit) ve MDA arasındaki reaksiyon sonucu oluşan tiyobarbitürik asit reaktif maddeleri (TBARS), lipid oksidasyon derecesini değerlendirmek için yaygın olarak kullanılır (Liu vd. 1997).

Depolama sırasında TBARS değerindeki artış, ikincil lipid oksidasyon ürünlerinin üretildiğini gösterir. Depolama sırasında ferrit iyonları gibi pro-oksidan bileşiklerin salınması, lipid oksidasyon hızını daha da artırır (Verma vd. 2018). Antioksidanlar (doğal ve sentetik), gıda ürünlerinde lipid oksidasyon reaksiyonlarını yavaşlatmada önemli bir rol oynar (Bahruddin Saad vd. 2007). Gıda işleme sırasında bir dizi doğal antioksidan eklenmiş ve depolanan ürünlerin raf ömrünü ve oksidatif stabilitesini uzatmıştır (Ahn vd. 2012; Chen vd. 2008; Ebrahimabadi vd. 2010; Ma vd. 2011). Fenolik bileşikler, antiaterjenik, antiaterojenik, antiinflamatuvar, antimikrobiyal, antioksidan, antitermobiyotik, kardiyoprotektif ve vazodilatör etkiler gibi geniş bir fizyolojik özellik yelpazesi sergiler (Balasundram vd. 2006). Yeni serbest radikal türlerinin oluşumunu engelleyerek, mevcut serbest radikalleri daha az zararlı moleküllere dönüştürerek ve radikal zincirli reaksiyonları önleyerek çalışırlar (Rodríguez vd. 2007).

2.8.3. Mikrobiyal özellikler

Toplam bakteri sayımı, taze veya dondurulmuş et ve et ürünleri üzerinde yapılan en önemli testlerden biridir ve et ve et ürünlerinin tüketim için güvenlik ve sağlık koşullarının bir göstergesi olarak kabul edilir (McLandsborough, 2005; Jay vd. 2005). Ayrıca standart plaka sayımı, aerobik koloni sayımı, mezofilik sayım veya aerobik sayım gibi birkaç isimle de anılmaktadır. Test, her bir hücrenin uygun besin maddelerini içeren agar ile karıştırıldığında görünür bir koloni oluşturacağı varsayımına dayanır; bu, tüm bakteri popülasyonunu ölçen bir yöntem olarak kabul edilmez ancak orta derecede ısıli ortamda aerobik olarak büyüyen mikroorganizmaların genel bir testidir ve toplam plaka sayımı bakteri türlerini ayırt etmez (APHA, 1984). Yüksek post-rigor et plakası genellikle yetiştirme veya taşıma sırasında hayvanlara uygulanan stres nedeniyle oluşur. Bu, etin raf ömrünü normal post-rigor pH'ı olan 5.4-5.6'ya göre 6 güne kadar azaltır ve ette pH 6.2 olan ette bozulma bakterilerinin normalden daha hızlı çoğaldığı gerçeğinden kaynaklanır (Miller, 2002; Chambers ve Grandin, 2001). İşleme hemen sonra karkastaki bakteri popülasyonu, soğutma sırasında büyüyen ve bozulma yapan bakteriler değildir. İşleme sırasında tavukların derisinde ve bağırsaklarında bulunan bakteriler başlangıçta mezofilik bakterilerdir. Bu bakteriler anlamlı bir şekilde çoğalmaz (Mountney, 1986).

Koliform bakteriler, laktozu asit ve gaz üretmek için laktozu fermante eden Gram negatif, fakültatif anaerobik çubuk şeklinde bakteri grubudur ve 35°C inkübasyonda 48 saat içinde bu işlemi tamamlarlar. Bu bakteriler, uygun olmayan ortamlarda çoğalma yeteneğine sahiptirler ve normal pastörizasyon ve pişirme işlemleri bu bakterileri yok ettiği için dondurarak veya büyümelerini engelleyerek etkisiz hale getirilebilirler (Feng vd. 2002). Fekal koliformlar genellikle sıcakkanlı hayvanların bağırsak ortamına özgüdür ve bu nedenle yüksek seviyelerde dışkı materyalinde bulunur, ancak bazı dışkı dışı kaynaklı organizmalar zaman zaman fekal koliform olarak testlerde ortaya çıkabilir (Mead vd. 1993).

Koliform bakteriler, patojen organizmaların varlığını belirlemek için kullanılır ve genellikle dışkı kaynaklıdır. Bu bakteri ciddi hastalıkların nedenlerinden biri olarak düşünülmez (Department of the Environment, 2002). Piliç etinin kaynağı ve

kontaminasyonu, kesim sırasında karkasların doğrudan fekal kontaminasyonu veya işleme yöntemleri (kan alma, eviserasyon, soğutma tankları) ile olabilir (Mead vd. 1993; Sarlin vd. 1998; Mead, 2004).

Psikrotrofik, 5°C veya daha düşük sıcaklıklarda büyüeyebilen organizmaları ifade eder. Psikrotrofikler genellikle, optimum büyüme sıcaklıkları ılıman düşük aralıkta olduğundan ve çoğu mezofilin maksimum sıcaklıklarının altında iyi bir şekilde büyüdüklerinden dolayı mezofil alt grubu olarak tanımlanmışlardır (Kraft, 1992; Bolder, 1998). Psikrotrofikler, *Pseudomonas spp.*, *Vibrio spp.*, *Brochothrix spp.* ve diğer cinslere ait gıdalarda önemlidir. Bazı psikrotrof türlerinin belirteç organizmalar kategorisine giren bazı koliformlar ve Enterobacter (Enterobacteriaceae familyasından) gibi türler olduğu ve bu bakterilerin soğutulmuş çiğ piliç karkasları ve ürünlerinde çoğalabildiği bilinmektedir (ICMSF, 1986). Bu bakteriler, yaklaşık olarak 70°C sıcaklıkta ısıtma sırasında muhtemelen yok edilirler (Borch vd. 1996; Korkeala ve Bjorkroth, 1997).

Küf ve maya, tavuk etinin depolanmasında önemli endişe kaynaklarıdır, çünkü bozulmaya ve potansiyel sağlık risklerine yol açabilirler (Nowshad vd. 2021). Özellikle sıcaklık kontrolünün yetersiz olduğu durumlarda, bu mantarlar depolama sırasında çoğalarak etin tat bozukluklarına, renk değişimlerine ve dokusal değişikliklere neden olarak tüketilemez hale gelmesine yol açar (Cerveny vd. 2009). Küfler, özellikle mikotoksin üretebilme yetenekleri nedeniyle endişe vericidir; bu toksik bileşikler tüketiciler için ciddi sağlık tehditleri oluşturabilir. Mayalar ise, toksin üretme olasılığı daha düşük olsa da, yine de bozulmaya katkıda bulunabilir ve genellikle et ürünlerinin ekşimesi ile ilişkilendirilir (Cerveny vd. 2009). Bu riskleri azaltmak için, tavuk eti uygun sıcaklıklarda depolanmalı ve nem seviyeleri kontrol edilmelidir (Nowshad vd. 2021). Etin depolama ömrü boyunca güvenli tüketim sınırları içinde kalmasını sağlamak için düzenli mikrobiyal testlerle küf ve maya sayımları yapılması gereklidir (Darwish vd. 2022). Bu uygulamalar, çiftlikten sofraya kadar et ürünlerinin kalitesini ve güvenliğini korumayı amaçlayan daha geniş bir gıda güvenliği yönetim sisteminin parçasıdır (Nowshad vd. 2021).

2.9. Biyojen Aminleri Uzaklaştırma Yöntemleri

Gıdalarda BA oluşumu, öncelikle soğutma ve dondurma, hidrostatik basınç, radyasyon, kontrollü atmosfer paketleme veya gıdalarda NaCl katkısı ile mikrobiyal gelişimin sınırlandırılmasıyla engellenebilmektedir. BA'lerin oluşumunun kontrolü, başlıca BA üreten bakterilerinin gelişiminin engellenmesi ile mümkündür (Naila vd. 2010). Günümüzde bu bakterilerin inaktivasyonu konusunda nitrit nitrat gibi ticari kimyasallar ve gama irradiasyon gibi yenilikçi yöntemler önerilmesine rağmen, gerek bu kimyasallara karşı direncinin giderek artması gerekse uygulanan tekniğin beraberinde getirdiği bir takım kalıntı riskleri nedeni ile geniş aktiviteye sahip yeni biyositler geliştirilmekte ve yeni terapötik teknikler devreye alınmaktadır. Bu bağlamda temel amaç hedef mikroorganizmaların yeterli düzeyde inaktive edilmesinin yanında gıda ürününün kalitesinden ödün vermeyen ve daha da önemlisi insan sağlığını tehdit etmeyen stratejilerin geliştirilmesidir. Belirtilen amaç doğrultusunda yapılan çalışmalar daha çok bakteri, maya ve küf gelişimini inhibe etme potansiyeline sahip sekonder metabolitleri içeren bitkisel özütler üzerinde yoğunlaşmıştır (de Castro vd. 2019).

Gıda endüstrisi, özellikle et sektörü özellikle et sektörü, yağ oksidasyonunu, mikrobiyal büyümeyi ve BA oluşumunu kontrol etmek için çeşitli katkı maddeleri kullanmaktadır. Ancak, kimyasal katkı maddelerinin insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri ve bitkisel özütler ve baharatların faydaları konusundaki son araştırmalar, tahıl, tohum, baharat, meyve ve sebze gibi kaynaklardan elde edilen bileşiklerin katkı maddesi olarak kullanılmasını uyarmıştır (Altıok vd. 2006; Üner vd. 2000). Bitki özütleri ve baharatlar, koruyucu özelliklerinin yanı sıra, gıdanın lezzetini ve aromasını geliştirmek ve görünümünü zenginleştirmek için de kullanılabilir (Aran 1988; Üner vd. 2000). Doğal bitki özleri, güçlü antioksidan ve antimikrobiyal aktiviteleri nedeniyle sentetik gıda koruyucularına alternatif olarak değerlendirilmekte ve zengin biyoaktif maddelerle doludur (Zhou vd. 2023). Bu özler, oregano gibi olanlar da dahil olmak üzere, bozulmaya ve patojenik mikrofloranın büyümesini engelleyebilir, et içeriklerinin oksidasyonunu bastırabilir, renk değişimini ve BA oluşumunu önleyebilir (Efenberger-Szmechtyk vd. 2021). Özellikle, oregano özütü ve esansiyel yağı, doğal gıda koruyucuları olarak umut vaat etmektedir (Veenstra ve Johnson 2019). *Origanum onites*, sadece Doğu Akdeniz bölgesini kapsayan dar bir dağılım alanına sahip olan dar bir endemik taksondur. Bu bitkinin yaprakları, antimikrobiyal ve antioksidan özelliklerinden dolayı geleneksel tıpta yaygın olarak kullanılmaktadır (Tepe vd. 2005; Vokou vd. 1988). *Origanum onites*'in antimikrobiyal özellikleri, fenolik asitler ve terpenoidler gibi biyoaktif bileşenlerine atfedilmektedir, bu bileşenler çeşitli patojenik mikroorganizmalara karşı etkilidir (Kordali vd. 2008). Bitkinin ekstrelerinin bakteri ve mantarların büyümesini engellediği ve bazı durumlarda öldürdüğü birçok çalışma tarafından gösterilmiştir. Özellikle, *Origanum onites*'in antimikrobiyal özellikleri, gıda endüstrisinde doğal bir koruyucu olarak kullanılmasını sağlamıştır, böylece bu mikroorganizmaların ürettiği BA'lerin oluşumunu azaltır (Özcan ve Chalchat 2008; Sökmen vd. 2004). Çalışmalar, oregano yağının 100-300 ppm konsantrasyonlarında et etkili bir şekilde koruyabileceğini ve sentetik antioksidanların yerini alabileceğini göstermiştir (Alhijazeen 2014). Ayrıca, oregano özütünün soğukta muhafaza edilen tavuk karkaslarında kullanımının raf ömrünü uzattığını, mikrobiyal yükü ve BA oluşumunu azalttığını göstermiştir (Khaled vd. 2016). Dolayısıyla, özellikle oregano gibi doğal bitki özlerinin kullanımı, et koruması için umut verici bir yaklaşım sunarken potansiyel sağlık faydaları da sağlamaktadır (Veenstra ve Johnson 2019).

Kimyon, karabiber ve kırmızı biber ekstrelerinin antimikrobiyal özellikleri üzerine yapılan araştırmalar, bunların gıda ürünlerinde doğal koruyucular olarak potansiyellerini ortaya koymuştur. *Cuminum cyminum L.* (Kimyon), yaygın olarak kimyon bilinen, Apiaceae familyasına ait en popüler tıbbi tohum baharatlarından biridir (Tahir vd. 2016). Güçlü aroması nedeniyle, tohumlar parfümeri endüstrisinde küçük miktarlarda yaygın olarak kullanılır. Ayrıca, çeşitli sağlık amaçları için yaygın olarak kullanılan tıbbi olarak yararlı biyoaktif bileşiklerin zengin bir deposudur (Belal vd. 2017; Goodarzi vd. 2020; Kang vd. 2019). Bitki özellikle antibakteriyel, antifungal, antioksidan, antidiyabetik, hipolipidemik, immunomodülatör, anti-osteoporotik, anti-inflamatuar, anti-astmatik, öksürük önleyici, anti-kısırlık, antikanser, anti-stres, ateş düşürücü, hipotansif, antiplatelet koagülasyon, hepatoprotektif, analjezik ve benzeri terapötik potansiyeli ile tanınmaktadır (Agarwal vd. 2017; Al-Snafi 2016). Kimyon ekstresi, antimikrobiyal özelliklere sahip olan kuminaldehit ve kuminol gibi bileşikler içerir. Kuminaldehit mikrobiyal hücre zarlarını bozar, kuminol ise ATPaz dahil olmak üzere mikrobiyal enzim aktivitesini inhibe eder, bu enzimler hücre fonksiyonları için

kritiktir (Marin vd. 2018). Ek olarak, kimyon ekstresi, ATP üretimini inhibe ederek mikrobiyal büyümeyi engelleyebilir (Sivropoulou vd. 1996). Bir çalışmada, kimyon özütü en güçlü antibakteriyel özellikleri göstermiştir. Kimyon özütü ayrıca dekarboksilaz sıvısında gıda kaynaklı patojenlerin büyümesinin inhibisyonunda ve BA oluşumunun inhibisyonunda da en etkili olmuştur (Özogul vd. 2022). Kimyon özütü, gıda endüstrisinde kullanılmak üzere doğal koruyucuların potansiyel bir kaynağı olarak kullanılabilir. İtalyan kimyon uçucu yağının antimikrobiyal aktivitesi, dünya çapında bitki veya yetiştirilen mantar hastalıklarından sorumlu olan cinslere karşı özellikle yüksek düzeydedir ve *Pseudomonas* cinsine ait bakterilere karşı daha düşük bir aktivite gözlemlenmiştir (Iacobellis vd. 2005). *C. cyminum* yağı, *E. coli*, *S. aureus* ve *L. monocytogenes*'e karşı daha güçlü antimikrobiyal aktivite sergilemiştir (Li ve Jiang 2004). *C. cyminum*'un uçucu yağı, test edilen tüm bakterilere karşı etkili olmuştur (Singh vd. 2002). Bulgaristan *C. cyminum*'un uçucu yağı, *Aspergillus niger*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus epidermidis*, *Saccharomyces cerevisiae* mayası ve *Candida albicans*'a karşı aktif olmuştur (Jirovetz vd. 2005). Tunus çeşidi *C. cyminum*'un uçucu yağı, *Vibrio* türlerine karşı yüksek etkinlik gösteren antimikrobiyal aktivitelere sahiptir (Hajlaoui vd. 2010). Türk kimyonunun hidrosolleri, bazı test bakterilerine karşı antibakteriyel aktivite sergilemiştir (Sağdıç ve Özcan 2003).

Piper cinsine (Piperaceae ailesi) binlerce türden fazlası dahildir ve çoğunlukla dünyanın tropikal bölgelerinde dağılmıştır. *Piper nigrum* L. (karabiber), bu cinsin en ünlü türüdür; dünya genelinde yemeklere lezzet katmak için kullanılması ve keskin bileşeni piperin nedeniyle "baharatların kralı" olarak bilinir. Diğer yandan, *P. nigrum* (Piper nigrum) antik çağlardan beri birçok yerde tıbbi amaçlar için kullanılmıştır (Ahmad vd. 2012; Chaveerach vd. 2006; Islam vd. 2015). Karabiber ekstresi, antimikrobiyal özelliklere sahip bir biyoaktif bileşik olan piperin içerir. Piperin, mikrobiyal hücre zarlarını bozar ve bakterilerde hücre duvarı sentezi için gereken glukozil transferaz gibi enzim aktivitesini inhibe eder (Lawrence 2006). Ayrıca, karabiber ekstresi, mikrobiyal hücresel metabolizmayı etkileyebilir, enerji üretimini bozarak mikrobiyal büyümeyi inhibe edebilir (Sivropoulou vd. 1996). Kırmızı biber ekstresi, antimikrobiyal aktiviteye sahip kapsaisin dahil kapsaisinoid içerir. Kapsaisinoidler mikrobiyal hücre zarlarını bozar ve ATPaz dahil olmak üzere hücresel işlemler için gerekli olan enzim aktivitesini inhibe eder (Soković ve Van Griensven, 2006). Ek olarak, kırmızı biber ekstresi, ATP üretimini inhibe ederek büyümeyi engelleyebilir (Nazzaro vd. 2013). Gill ve Holley (2004) tarafından yürütülen bir araştırma, karabiber uçucu yağının *Listeria monocytogenes* ve *Lactobacillus sakei*'ye karşı antimikrobiyal aktivitesini keşfetti. Çalışma, karabiber uçucu yağının ana bileşeni olan piperinin, bakteriyel hücre zarlarını bozarak ve temel enzim aktivitesini inhibe ederek bakterisidal etkiler sergilediğini buldu (Gill ve Holley 2004). Ayrıca, bir çalışmada, karabiber özütlerinin, dekarboksilaz sıvısında bakteriler tarafından BA üretimini inhibe edebileceği göstermiştir (Özogul vd. 2022).

Capsicum annuum (Kırmızı biber), genellikle Solanaceae ailesine ait olan ve biber adıyla bilinen bir bitki türüdür ve geleneksel olarak çoğu mutfakta ve gıda ürününde benzersiz lezzeti, rengi, acılığı ve aroması nedeniyle kullanılmaktadır (Dzoyem vd. 2017). *Capsicum annuum*, tüysüz, mızrak şeklinde yapraklara, beyaz çiçeklere ve meyvelere sahip yıllık bir otsu bitkidir (Bargavi ve Elumalai, 2016). Biber meyveleri, meyvelerde, tohumlarda ve plasental dokuda bulunan kapsaisin varlığından kaynaklanan acı tadı nedeniyle baharat olarak gıda hazırlıklarında tüketilir. Biber meyveleri, birkaç

saat sürebilen bir yanma hissi oluşturur (Saleh vd. 2018). *Capsicum annuum* meyveleri, karakteristik acı tadından sorumlu olan bir grup bileşik olan kapsaisinoidleri içerir. Kapsaisinoidler, romatoid artrit ve mide ülserleri gibi terapötik özellikleriyle de bilinmektedir (Basith vd. 2020). Kapsaisinoidler, 9-11 karbon zincirine, dallı yağ asidi vanillilamidlerine aittir ve en bol bulunanlar kapsaisin ve dihidrokapsaisindir (Nadi vd. 2020). Biber meyvelerinin toplam acılığının %90'ından sorumludurlar (Othman vd. 2011). *Capsicum oleoresin* içinde rapor edilen başlıca kapsaisinoidler kapsaisin (%48.6), 6,7-dihidrokapsaisin (%36), nordihidrokapsaisin (%7.4), homodihidrokapsaisin (%2), homokapsaisin (%2), kapsantin ve kapsorubisin içerir. *Capsicum oleoresin*, antimikrobiyal, antioksidan, gıda renkleri ve tatları kaynağı olarak hizmet vermektedir (Zhu vd. 2015). Kapsaisin kristal şeklinde, renksiz ve acı bir prensiptir ve kimyasal yapısı 8-Metil-6-nonenoyl vanillil amid olarak açıklanmıştır (Vani, 2017). Bir çalışmada, kırmızıbiber özütlerinin, dekarboksilaz sıvısında bakteriler tarafından BA üretimini inhibe edebileceği göstermiştir (Özogul vd., 2022). Ayrıca, bir çalışma, metisiline dirençli *Staphylococcus aureus* (MRSA) üzerinde kırmızı biber uçucu yağının antimikrobiyal aktivitesini değerlendirdi. Sonuçlar, kırmızı biber uçucu yağının yüksek kapsaisinoid içeriğinden kaynaklanan MRSA'ya karşı güçlü inhibe edici etkilerini gösterdi (Dobrucka 2016). Bir çalışmada, karabiber özütlerinin, dekarboksilaz sıvısında bakteriler tarafından BA üretimini inhibe edebileceği göstermiştir (Özogul vd. 2022).

2.10. Bitkisel Özütlerin Elde Edilme Yöntemleri

Bitkisel özütler, bitkilerde bulunan aktif bileşenlerin çıkarılması yoluyla elde edilir ve çeşitli yöntemlerle gerçekleştirilebilir. Bu yöntemler arasında distilasyon, çözücü ekstraksiyonu, presleme ve SKA-CO₂ bulunur. Distilasyon, bitkisel yağların ve uçucu bileşiklerin su buharı ile ayrıştırılmasını içerir. Çözücü ekstraksiyonu, bitki materyalinin etanol, metanol gibi çözücülerle muamele edilerek aktif bileşenlerin çözündürülmesiyle yapılır. Presleme, özellikle yağların elde edilmesinde kullanılırken, SKA-CO₂ ekstraksiyonu, yüksek basınç ve sıcaklıkta süperkritik karbondioksit kullanarak bitkisel özütlerin saf ve verimli şekilde elde edilmesini sağlar.

SKA-CO₂ ekstraksiyonu, aromatik bitkilerden özütleri çıkarmak ve izole etmek için en sık kullanılan yöntemdir. Bu işlem hızlı, etkili ve yalnızca orta derecede sıcaklık gerektirir. Ayrıca temizlik işlemleri ve tehlikeli organik çözücülerin kullanımı gereksinimini ortadan kaldırır (Yousefi vd. 2019). Toksik olmayan, patlayıcı olmayan ve çıkarılan bileşiklerden kolayca ayrılabilen CO₂, bu işlem için uygun bir çözücüdür (Keskin vd. 2007; Pourmortazavi vd. 2018). Süperkritik akışkanlar, kritik basınçlarının ötesinde izotermal olarak sıkıştırıldığında çözücü olarak etki ederler. Isıl olarak hassas ve kolayca oksitlenebilen biyolojik ürünlerin, doğal gıda koruyucuları veya fonksiyonel bileşenler gibi düşük sıcaklıklarda ve oksijensiz ortamlarda işlenmesi için kullanışlıdır. 31.1°C kritik sıcaklığa sahip olan CO₂, oksidant olmayan ve bitki parçalarından doğal olarak hassas ürünlerin çıkarılması için uygundur, bu nedenle yüksek değerli bileşenlerin ekstraksiyonu için ideal bir çözücüdür. SKA-CO₂ ekstraksiyonu, bitkilerden böyle özütlerin elde edilmesinde kullanılan bir tekniktir (Babovic vd. 2010). Basınç ve sıcaklık, SKA-CO₂ ekstraksiyon sürecini kontrol eden ana parametrelerdir; basınç arttıkça, akışkan yoğunluğu ve çözünenin çözünürlüğü artar (Pourmortazavi ve Hajimirsadeghi 2007).

Camelina sativa tohumu üzerinde SKA-CO₂ çalışmaları yapan Belayneh ve arkadaşları, 70°C, 450 bar ve 510 dakika işletme koşullarında yüksek yağ verimleri (%31,6) rapor etmişlerdir (Belayneh vd. 2015). Başka bir örnek ise *Gynostemma pentaphyllum* tohumundan yağın ekstraksiyonudur; Wang ve arkadaşları, basıncın 150 bar'dan 300 bar'a artırılmasıyla yağ veriminde %53 artış olduğunu göstermişlerdir (Wang vd. 2016). Bununla birlikte, basıncın belirli bir noktaya yükseltilmesi, SCF çözücünün difüzyon yeteneğini azaltabilir ve ham materyaldeki gözeneklerle az temas ederek çözünenin çözünmesini azaltabilir (Belwal vd. 2016). Ek olarak, bazı durumlarda basıncın artması, katı matrisin sıkışmasına ve boşluk oranının olumsuz ekstraksiyon sonuçlarına yol açabilir (Bimakr vd. 2012; Wang vd. 2016). Örneğin, basıncın 306 bar'ın üzerine çıkmasıyla yağ geri kazanımlarında bir azalma olduğunu rapor etmişlerdir (Shao vd. 2014). Bununla birlikte, SKA-CO₂'nin avantajlarından biri, *Euterpe oleracea*'nın pulpundan fenolik (350 bar) ve antosiyanin (220 bar) gibi biyoaktif fitokimyasalların seçici olarak özüte edilebilmesidir (de Cássia Rodrigues Batista vd. 2016).

SKA-CO₂'nin fiziksel özellikleri olan yoğunluk, viskozite ve difüzyon üzerinde doğrudan etkisi olan basınç ve sıcaklık arasındaki ilişkilerin anlaşılması önemlidir. Sıcaklık, bir SCF için tutulan bir sistemde daha yüksek bir sıcaklığın daha fazla "enerji" sağladığı, difüzyonu artırdığı ve görünür hacmi artırarak yoğunluğu azalttığı tutarsız bir "çözücü" etki gösterebilir. Öte yandan, sıcaklığı düşürmek, çözünenlerin buhar basıncını azaltır ve yoğunluğu artırırken, SKA-CO₂'nin çözünenlere yönelik çözünme özelliğini artırır. Bu durum, yüksek sıcaklıkların düşük verimler üretebileceği, düşük sıcaklıkların ise yüksek özüt verimi sağlayabileceği bir fenomen olan "geçiş etkisi"ne yol açar. *Ocimum sanctum*'dan eugenolün geri kazanımının, düşük basınçta sıcaklığı artırmakla önemli ölçüde azaldığını ve tam tersi durumda üst geçiş basıncının 200 bar olduğunu göstermişlerdir. Özüt verimi ve SKA-CO₂ yoğunluğu etkilerinin gözlemlendiği diğer örnekler, γ -orizanol için 300 bar'da geçiş etkisi olduğu, avokado yağı için 350-375 bar ve hindistan cevizi yağı için 295 bar olarak kaydedilmiştir (Bitencourt vd. 2016; Corzzini vd. 2017; Ghosh vd. 2013; Zuknik vd. 2016).

Bazı çalışmalarda, daha yüksek sıcaklıkların daha yüksek verimlere neden olduğu, yoğunluk etkilerinin geçiş yapmasına zıt olarak gözlemlenmiştir. Uçucu yağ veriminin sıcaklığa doğrudan orantılı olduğunu ve difüzyon etkisinin yoğunluk üzerinde baskın olduğunu speküle etmişlerdir (Nejad-Sadeghi vd. 2015). Yazarlar, sıcaklığın artmasıyla artan kinetik enerjinin, CO₂'nin ham bitki materyali içindeki difüzyon hızıyla doğrudan orantılı olduğunu ileri sürmüşlerdir. Bu, yapılan çalışmada yapılan işe zıt bir sonuçtu; onlar, enginar tohumlarından yağın geri kazanımının sıcaklığın artmasıyla azaldığını ve bunun çözücü yoğunluğu etkilerinden kaynaklandığını belirtmişlerdir (Rahal vd. 2015). Açıktır ki, her bitki ve özütü, değişen SKA-CO₂ koşullarıyla değişken verimlere sahip olabilir ve farklı miktarda özüt çözünenlerini çekecek SKA-CO₂ koşullarından kaynaklanan bu durum, araştırılan her bitki türü için farklı olma eğilimindedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Bitkisel materyaller ve ön hazırlıkları

Çalışmada kekik (*Origanum onites*), kimyon (*Cuminum cyminum*), karabiber (*Piper nigrum*) ve kırmızı biber (*Capsicum annuum* L.) ve kullanılmıştır. Belirtilen materyaller Antalya bölgesinde faaliyet gösteren bir tedarikçi firmadan temin edilmiş olup ilgili firmanın beyanına göre materyallerin sırasıyla Denizli, Burdur, Vietnam ve Hindistan orijinli oldukları bildirilmiştir.

3.1.2. Mikroorganizma türleri

Çalışmada iki tür gram-pozitif bakteri: *Staphylococcus aureus* (29213 ATCC) ve *Enterococcus faecalis* (20212 ATCC), ve üç tür gram-negatif bakteri: *Escherichia coli* (25921 ATCC), *Pseudomonas aeruginosa* (23853 ATCC) ve *Klebsiella pneumoniae* (700603 ATCC) olmak üzere beş farklı gıda kaynaklı bakteri kullanılmıştır.

3.1.3. Aminoasitler

Denemeler kapsamında mevcut literatür bilgisine göre BA oluşumuna en yüksek düzeyde katkı sağlayan histidin, tirozin, ornitin ve lisin aminoasitlerinden temin edilerek *in-vitro* koşullardaki BA oluşumu üzerine etkileri değerlendirilmiştir.

3.1.4. Analitik materyaller

Tez kapsamında gerçekleştirilen kimyasal, mikrobiyolojik ve kromatografik analizler sırasında kullanılan tüm kimyasallar en az analitik saflıkta olup temin edildiği yerler Çizelge 3.1’de sunulmuştur.

Çizelge 3.1. Deneylerde kullanılan materyaller

Materyal	Marka
0.45 µm PTFE şırınga ucu filtre	Sigma, ABD
10 ve 25 ml’lik şırınga	Sigma, ABD
2-feniletılamin hidroklorid	Sigma, ABD
2-tiyobarbitürik asit	Carlo-Erba, İtalya
40 ml’lik cam şişeler	Sigma, ABD
50 ml’lik beherler	Sigma, ABD
Asetik asit	Merck, Almanya
Asetonitril	Merck, Almanya
Benzoyl Chloride	Sigma, ABD
Borik asit	Fluka AG, İsviçre
Dietil eter	Carlo-Erba, İtalya
Dopamin hydrochloride	Sigma, ABD
Etanol	Merck, Almanya
Fenolftalein	BDH, İngiltere
Fenolftalein	Carlo-Erba, İtalya
Filtre kağıdı	Isolab, Almanya

(Devamı Arkada)

Çizelge 3.1'in devamı

Materyal	Marka
Lab lemco	Biolife, İtalya
Karbondioksit CO ₂	HABAŞ, Türkiye
0.45 µm PTFE şırınga ucu filtre	Sigma, ABD
Kağıt filtre	Sigma, ABD
10 ve 25 ml'lik şırınga	Sigma, ABD
Mikropipet	Sigma, ABD
Mikropipet uçları	Sigma, ABD
HPLC vialleri	Sigma, ABD
40 ml'lik cam şişeler	Sigma, ABD
50 ml'lik beherler	Sigma, ABD
Benzoil Klorür	Sigma, ABD
Perklorik Asit	İsolab, Almanya
Malt Extract Agar (MEA)	Merck, Almanya
Mueller-Hinton Broth	Merck, Almanya
MacConkey aga	Merck, Almanya
L-Tirosin	Merck, Almanya
L-Histidin	Merck, Almanya
L-Ornitin	Merck, Almanya
Hidroklorik asit	Merck, Almanya
Histamin dihidroklorid	Sigma, ABD
HPLC vialleri	Sigma, ABD
Kadaverin dihidroklorid	Sigma, ABD
Kağıt filtre	Sigma, ABD
Karbondioksit CO ₂	HABAŞ, Türkiye
Kloroform	Merck, Almanya
Lab lemco	Biolife, İtalya
L-Histidin hidroklorür monohidrat	Thermo scientific, ABD
L-Lisin monohidroklorür	Sigma aldrich, ABD
L-Ornitin monohidroklorür	Sigma aldrich, ABD
L-Tirosin	Sigma aldrich, ABD
MacConkey aga	Merck, Almanya
MacConkey agar	Biolife, İtalya
Malt Extract Agar (MEA)	Merck, Almanya
Mannitol Salt Agar	Biolife, İtalya
Methyl red	Carlo-Erba, İtalya
Mikropipet	Sigma, ABD
Mikropipet uçları	Sigma, ABD
Nişasta	Merck, Almanya
Nutrient agar	Merck, Almanya
Nutrient broth	Biolife, İtalya
Pepton	Lab, England
Perklorik Asit	İsolab, Almanya
Plate count agar	Biolife, İtalya
Potasyum iyodür	Merck, Almanya
Putresin dihidroklorid	Sigma, ABD
pyridoxal-HCl	Merck, Almanya
Sodyum hidroksit	Merck, Almanya
Sodyum klorit	Merck, Almanya
Sodyum sülfat susuz	Emsue, Almanya
Sodyum tiyosülfat	Merck, Almanya
Spermidin trihidroklorid	Sigma, ABD
Spermin tetrahidroklorid	Sigma, ABD
Tiramin hidroklorid	Sigma, ABD
Tiyobarbitürik asit	BDH, İngiltere
Trikloroasetik asit	Isolab, Almanya
Triptamin hidroklorid	Sigma, ABD

3.1.5. Alet ve ekipmanlar

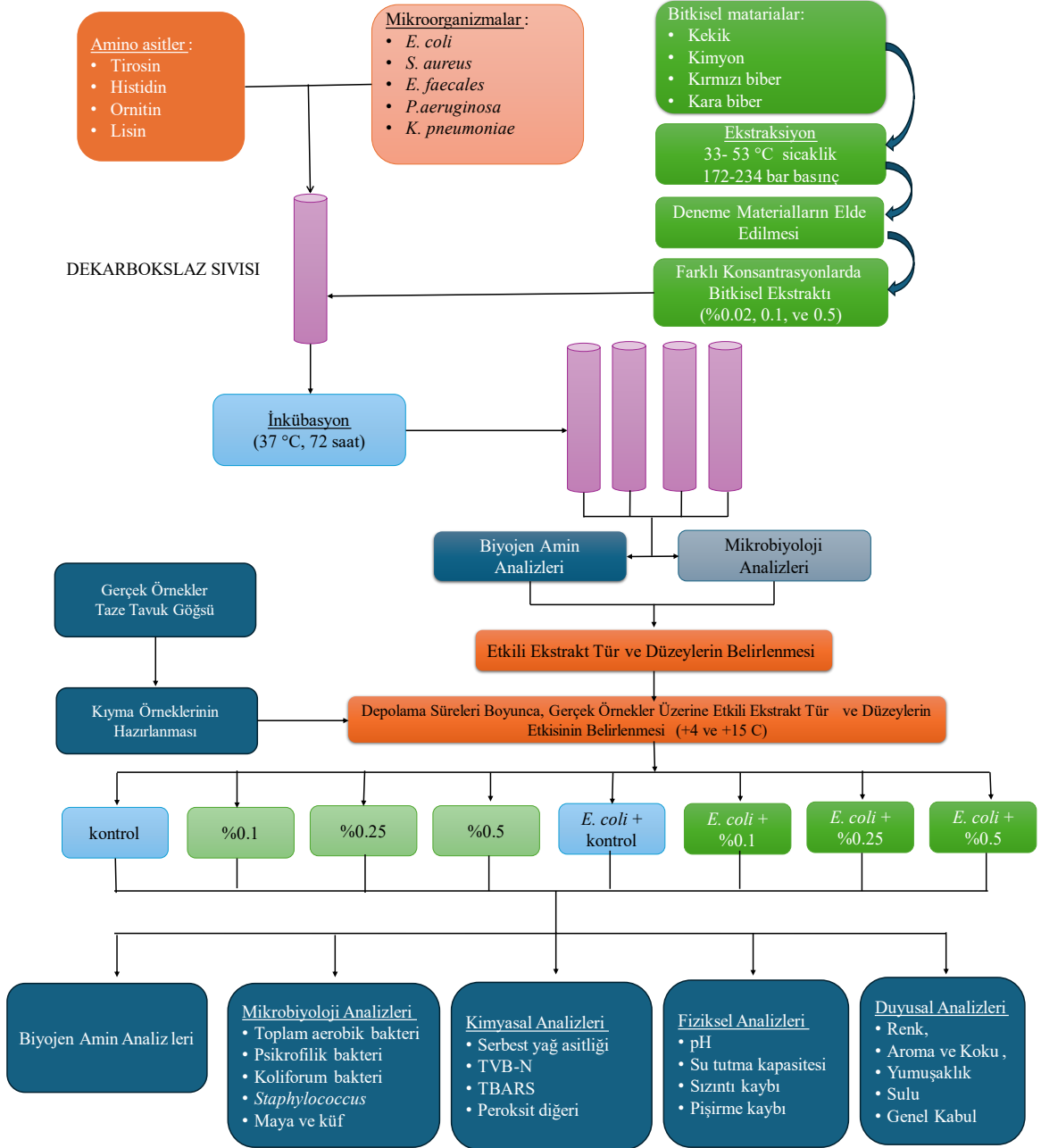
Tüm denemeler sırasında kullanılan alet ve ekipmanlar Çizelge 3.2’de sunulmuştur.

Çizelge 3.2. Denemeler kapsamında kullanılan alet ve ekipmanlar

Materyal	Marka, Ülke
Etüv	Thermo scientific, ABD
Hassas terazi	Ohaus Pioneer, İsviçre
HPLC cihazı	Agilent, ABD
İnkübatör	Memmert, Almanya
İnkübatör	Memmert, Almanya
Isıtıcı manyetik karıştırıcı	MTOPS, Güney Kore
Laboratuvar tipi öğütücü	Staufen, Almanya
McFarland	Biosan, Letonya
Otoklav	TOMY, Japonya
pH metre	W.T.W, Almanya
Santrifüj	Hettich, Almanya
Soğutmalı inkübatör	Memmert, Almanya
Soğutmalı Santrifüj	Sigma, ABD
Spektrofotometre	Shimadzu, Japonya
Su banyosu	Mikrotest, Türkiye
Süperkritik akışkan CO ₂ Ekstraktörü	SUPEREX, Türkiye
Ultrasaf su sistemi	MES, MP Türkiye
Ultrasonik banyo	ISOLAB, Almanya
Vorteks cihazı	ISOLAB, Almanya

3.2. Yöntem

Tez çalışmaları kapsamında izlenen yöntem aşamaları Şekil 3.1’de sunulmaktadır.



Şekil 3.1. Tez çalışmaları sırasında iş akışı

3.2.1. Bitkisel materyaller ve ön hazırlıkları

Çalışmada kullanılan bitkisel materyaller laboratuvara getirilmiş ve öncelikle bir etüvde düşük sıcaklık uzun süre kombinasyonunda nem miktarı %1’in altına düşecek şekilde kurutulmuştur. Numunelerdeki nem miktarı laboratuvarımızda bulunan Karl-

Fischer nem tayin cihazı veya kuru madde analizi protokolüne göre analiz edilmiştir. Bitki materyalleri 35°C sıcaklıktaki etüvde 48 saat kurutulmuştur. Süre sonunda numuneler laboratuvar tipi bir değirmen kullanılarak öğütülmüştür. Öğütülen numunelerden eşit partikül büyüklüğünde deneme materyalleri elde edebilmek amacıyla 100 mesh'lik bir elek kullanılarak elenmiştir. Çalışmalarda kullanılan deneme materyallerinin hazırlanmasına yönelik bir görsel Şekil 3.2'de gösterilmektedir.



Şekil 3.2. Denemelerde kullanılan bitkisel materyaller ve öğütülmüş halleri

3.2.2. Ekstraksiyon koşullarının optimizasyonu ve bitkisel özütlerin elde edilmesi

Bitkilerde mevcut aktif maddelerin SKA-CO₂ ekstraksiyonu ile özüte edilmesi çalışmaları bazı değişiklikler yapılarak (de Oliveira vd. 2016; de Oliveira vd. 2019) tarafından bildirilen yönteme göre gerçekleştirilmiştir. İlgili yönteme göre hazırlanan deneme materyalleri 50±1 g tartılarak SKA-CO₂ ekstraksiyon cihazının (Şekil 3.3.) reaktörüne yerleştirilmiştir. Cihazın parametrik değerleri en yüksek verimlilikte özüte elde edilmesine yol açacak şekilde önceden en uygun hale getirilmiştir. Literatür verileri dikkate alınarak önerilen projede optimizasyona yönelik SKA-CO₂ aralıkları karbondioksit gaz basıncı için 150-250 bar ve uygulama sıcaklığı aralığı 30-70°C olarak öngörülmüştür.



Şekil 3.3. Tez çalışmalarında kullanılan SKA-CO₂ ekstraksiyonu sistemi

Çizelge 3.3. SKA-CO₂ ekstraksiyonu çalışmalarına ait deneme planı

Deneme No	Sıcaklık °C	Basınç (Bar)	Süre (dak)
1	33	180	120
2	47	180	120
3	33	220	120
4	47	200	120
5	30	200	120
6	52	200	120
7	40	172	120
8	40	234	120
9	40	200	120
10	40	200	120
11	40	200	120
12	40	200	120
13	40	200	120

En uygun değerlerin belirlenmesinde cevap-yüzey yöntemi istatistiksel deneme planlamasından yararlanılmıştır. Optimizasyon çalışmalarında bağımsız değişkenler olarak sıcaklık (°C), basınç (bar) ve süre (dak) değerleri kullanılırken, bağımlı değişkenler olarak kekik, kimyon, kırmızı biber ve karabiber örnekleri için sırasıyla karvakrol, kuminaldehid, kapsaisin ve piperin aktif maddeleri düzeyleri (ppm) seçilmiştir. Bu kapsamda laboratuvarımızda ekstraksiyon işleminin gerçekleştirileceği SKA-CO₂ ekstraksiyon sistemi Şekil 3.3'te ve hazırlanan örnek bir deneme planı Çizelge 3.3'te sunulmuştur. Bu çerçevede ilgili materyallere yönelik ön denemeler laboratuvarımızda gerçekleştirilmiş olup 200 Bar 40°C'de ve 1 saat süre değerleri kombinasyonunda özütlarin ortalama bir değer uygun nitelikte alınabildiği tespit edilmiştir. Çalışmalarda bu değerler en uygun hale getirilmiştir.



Şekil 3.4. SKA-CO₂ ekstraksiyonu sonucu elde edilen bitkisel özütler

3.2.3. Özütlerin aktif bileşenlerinin belirlenmesi

Farklı koşullarda SKA-CO₂ ekstraksiyonu parametrik değerleri ile elde edilen herbir özüt bileşimindeki aktif maddeler yönünden analiz edilmişlerdir. Bu çerçevede (Morshedi vd. 2015) tarafından bildirilen bir HPLC yöntemi bazı yöntem parametrelerinde minör değişiklikler yapılarak kullanılmış olup ilgili yöntem yardımıyla kekik için karvakrol, kimyon için kuminaldehid, kırmızı biber için kapsaisin, karabiber için piperin ve aktif bileşenleri analiz edilmişlerdir (Şekil 3.4). Belirtilen yöntemle göre özetle, ekstraksiyon sonrası elde edilen özütten 50 mg tartılmış ve amber renkli 10 ml hacminde bir vial içinde etanol içinde çözündürülmüştür. Çözündürme işlemi için bir vorteks karıştırıcı kullanılmış ve ardından 0.22 µm selüloz asetat bir şırınga ucu filtreden geçirilerek Çizelge 3.4'te koşulları verilen ve öncesinde sertifikalı analitik standart kullanılarak kalibre edilen HPLC sisteminde analiz edilmiştir. Aktif maddelerin etanol içerisindeki seyreltme oranları HPLC sisteminden elde edilen pik büyüklüğüne göre optimize edilmiştir.

Çizelge 3.4. Bitkisel aktif bileşenler için HPLC cihazı analitik koşulları

Cihaz	Agilent 1200
Dedektör	Diode array detector
Kolon	C18 (5 µm, 5 mm x 150 mm)
Akış oranı	1 mL/dak
Enjeksiyon hacmi	20 µL
Dalga boyu	Karvakrol için: 277 nm, Kuminaldehid için :260 nm, Kapsaisin için: 280 nm, Piperin için: 343 nm
Hareketli faz	Asetonitril (%80) ve %1 Asetik asitli ultra saf su (%20)

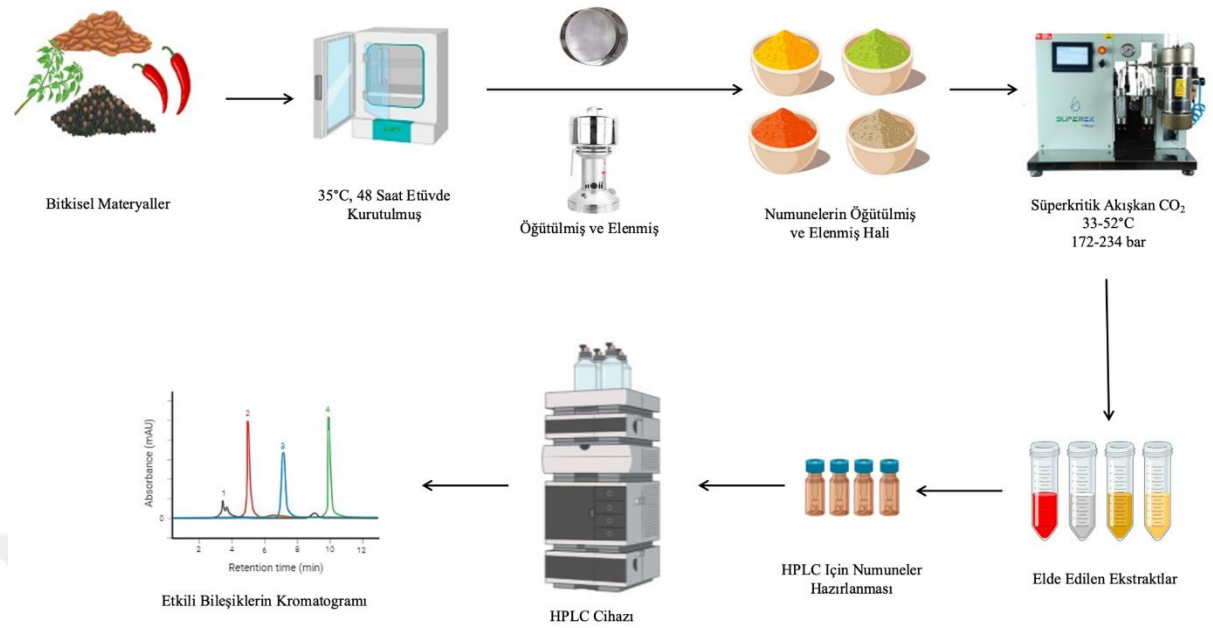
Numunelerde aktif maddelerin belirlenmesine yönelik örnek hazırlama aşamalarını, kullanılan HPLC cihazını ve yöntem aşamalarını gösterir şekiller sırasıyla Şekil 3.5, Şekil 3.6 ve Şekil 3.7'de sunulmaktadır.



Şekil 3.5. Numunelerden elde edilen özütler ve HPLC analizi için örnek hazırlama aşamaları



Şekil 3.6. Aktif bileşen analizlerinde kullanılan HPLC cihazı



Şekil 3.7. Numunelerdeki aktif maddelerin belirlenmesine yönelik çalışma planı

3.2.4. İn-vitro ortamda biyojen amin oluşumunun sağlanması

3.2.4.1. Dekarboksilaz sıvı hazırlanması

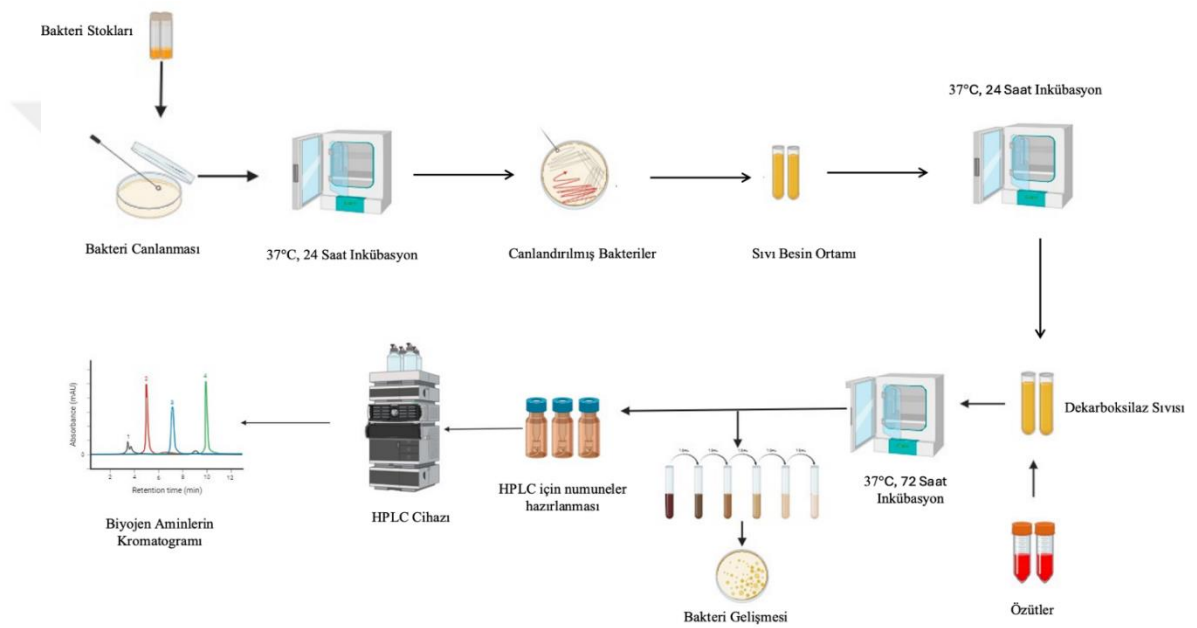
Farklı aminoasit ve mikroorganizma varlıklarında oluşan BA tür ve düzeylerini belirleyebilmek amacıyla (Klausen ve Huss 1987) tarafından kullanılan yöntemle göre bir dekarboksilaz sıvısı hazırlanmış ve bu sıvı içerisinde BA oluşumuna yol açan mikroorganizma ve aminoasitler ilave edilerek inkübasyona bırakılmıştır. Bu çalışmada kullanılan dekarboksilaz sıvısı ilgili yöntemle göre, 500 mL saf su içerisinde 1 g pepton, 0.5 g Lab-Lemco, 2.5 g NaCl, 2.5 mg pyridoxal-HCl şeklinde olup hazırlanan bu sıvı içine her bir serbest amino asitten (histidin, tirozin, ornitin veya lysin) 4.01 g eklenmiş ve pH düzeyi 6.5 olacak şekilde ayarlanmıştır. Hazırlanan dekarboksilaz sıvılarından 10'ar mL alınarak tüpler içerisinde aktarılmış ve 121°C'de 15 dk otoklavlama işlemi gerçekleştirilmiştir.

3.2.4.2. Dekarboksilaz sıvısına mikroorganizmaların ve bitki özütlerinin aşılması

BA oluşumu üzerine yüksek düzeyde etki eden mikroorganizmaların (*Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* ve *Klebsiella pneumoniae*) her biri ayrı ayrı olmak üzere Nutrient broth besiyerinde 10^8 kob/ml konsantrasyonunda olacak şekilde geliştirilmiş ve sterilize edilen dekarboksilaz sıvısı içerisinde 0.5'er ml inoküle edilerek 37°C'de 72 saat inkübasyona bırakılmıştır. Böylelikle farklı aminoasit ve mikroorganizmalar içeren dekarboksilaz sıvısında BA tür ve düzeylerinin oluşumu için kontrol materyalleri elde edilmiştir.

Hazırlanan kontrol çözeltilerinde meydana gelen BA'ler üzerine bitkisel özütlerin etkinliğini belirlemek amacıyla hazırlanan bitkisel özütlerden %0.02, 0.1, ve 0.5 konsantrasyonlarında alınarak dekarboksilaz sıvısı kontrol gruplarına mikroorganizmalar

ile birlikte eklenmiş ve sonrasında aynı şekilde 37°C’de 72 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonrasında çözeltilerde oluşan BA’lerin tür ve düzeyleri HPLC cihazında analiz edilirken çözeltilerde mevcut mikroorganizmaların tür ve düzeyleri yayma plak yöntemi ile değerlendirilmiştir. Bu amaçla BA analizleri için hazırlanan çözeltinin üst fazından 5 mL alınarak 0.22 µm şırınga ucu filtreden geçirilmiş ve 3.2.4.3. “Biyojen amin analizleri” kısmında belirtildiği şekliyle BA yönünden analiz edilmiştir. Dekarboksilaz sıvısında BA analizine ilave olarak gerçekleştirilen mikrobiyolojik analizler kapsamında gelişen bakteri kültüründen 0.1 ml alınarak uygun seyreltmeler hazırlanmış (10^{-10} ’a kadar) ve Plate Count Agar üzerine ekilmiştir. Petri kutuları 37°C’de 72 saat inkübe edilmiş ve süre sonunda petri kabı üzerinde gelişen mikroorganizmalar değerlendirilmiştir. Gerçekleştirilen çalışmaya yönelik bir görsel Şekil 3.8’de sunulmaktadır.



Şekil 3. 8. *In-vitro* ortamda mikroorganizmaların gelişmesi, bitkisel özütlerin eklenmesi ve oluşan biyojen aminlerin HPLC analizi

3.2.4.3. Biyojen amin analizleri

Hazırlanan dekarboksilaz sıvısında ve numunelerde BA’lerin tür ve düzeyleri (Jia vd. 2013) tarafından bildirilen benzol türevlendirme yönteminde bazı küçük değişiklikler yapılarak analiz edilmiştir. Özetle, 200 µL BA standart çözeltisi veya numunelere 500 µL 0.2M sodyum borat tamponu (pH 10.0) ve 50 µL Ben-Cl (3% asetonitrilde, hacim/hacim) eklenmiş ve 10 mL’lik kapaklı cam bir vialde konulmuştur. Karışım 30 saniye boyunca vortekslenmiş ve daha sonra ultrasonik su banyosunda 30 dakika boyunca 30°C’de inkübe edilmiştir. Reaksiyon, doymuş sodyum klorür çözeltisi (1.25 mL) eklenerek durdurulmuş ve benzolatlanmış BA’ler, 5 mL dietil eter ile özüte edilmiştir. Üst organik tabaka (3 mL) bir tüpe aktarılmış ve azot gazı akışı altında kurutulmuştur. Kurutma sonrası kalan çökelti 1 mL metanol içinde çözülerek Çizelge 3.5’te belirtilen şartlar altında HPLC analizine tabi tutulmuştur. Numune analizleri öncesinde HPLC sistemi BA analitik standartları (DOP, PUT, CAD, TRP, PHEA, SPD, SPR, HIS, TYR) kullanılarak kalibre edilmiştir.

Çizelge 3.5. Biyojen amin analizleri için HPLC cihazı analitik koşulları

Cihaz	Agilent 1200
Dedektör	Diode array detector
Kolon	C18 (5 µm, 5 mm x 150 mm)
Akış oranı	1 mL/dak
Enjeksiyon hacmi	20 µL
Dalga boyu	254 nm
Hareketli faz	Metanol % 55 ve Ultra saf su % 45

Her bir BA için tekil bir standart stok çözeltisi, ilgili BA standartının 0.1 M hidroklorik asitte 20 ppm konsantrasyonda çözülmesiyle hazırlanmıştır. Analiz yapılana kadar bu çözeltiler +4 °C'de karanlıkta saklanmıştır. Hazırlanan standart çözeltilerinin her biri Çizelge 3.5'te belirtilen şartlar altında HPLC cihazına enjekte edilmiş, kromatografik sistemden çıkış süreleri ve pik büyüklükleri kaydedilmiştir. Tekli analitik standartlarının kromatografik analizlerinde çıkış zamanı çakışmaları ve etkileşimlerin önlenmesi amacıyla yöntem parametreleri (akış hızı, mobil faz bileşimi, kolon sıcaklığı) en uygun hale getirilmiştir. Optimize edilen şartlar altında BA'lerin karışım standartları herbir BA 0.2, 0.4, 1, 2, 4, 8, 10, ve 20 ppm olacak şekilde hazırlanarak yeniden HPLC cihazına enjekte edilmiş yöntem doğrulanmıştır.

3.2.4.4. Yöntem doğrulama çalışmaları

Elde edilen çözeltilerde oluşan BA'lerin ve ayrıca bitkisel özütlerdeki aktif maddelerin tür ve düzeylerinin belirlenmesi çalışmalarından önce ilgili kromatografik yöntem aşağıda belirtilen parametreler yönünden doğrulanmıştır.

Kesinlik: Bu çalışmalarda çıkış zamanı kesinliği, standart madde ve örnek ile yapılan enjeksiyonlarda elde edilen derişim değerine yönelik tekrarlanabilirlik değerleri değerlendirilmiştir. Çalışmalardan elde edilen sonuçların bağıl standart sapma değeri tekrarlanabilirlik kesinliğini belirlemek için kullanılmıştır (Taverniers vd. 2004).

Seçicilik: Seçicilik testinin amacı, analiz edilen maddenin (analit) matriksin yanında doğru olarak ölçülüp ölçülemediğinin belirlenmesidir. Bu amaçla HPLC cihazında bir boş enjeksiyon, analitleri içeren çözeltilerin enjeksiyonları ve analit ilave edilmiş örneklerin enjeksiyonları gerçekleştirilmiş ve elde edilen kromatogramlar değerlendirilmiştir.

Tespit sınırı ve ölçüm sınırı (LOD ve LOQ): Bu değerlerin belirlenmesi amacıyla kalibrasyon doğrusunda kullanılan en düşük derişimdeki ölçüm analiz çözeltilerinin HPLC cihazına 10 kez enjeksiyon yapılarak ve elde edilen pik alanlarının standart sapması hesaplanmıştır. Standart sapma değerinin 3 katı tespit sınırı ve 10 katı sınırı olarak belirtilmiştir (Taverniers vd. 2004).

Doğrusallık: Bu çalışma için en az 6 farklı derişim noktasında ve üç kez cihaza analitlerin standart çözeltileri enjekte edilmiştir. Elde edilen sonuçlar HPLC cihazına ait Chemstation yazılımı ile değerlendirilerek kalibrasyon grafikleri oluşturulmuştur. Aynı zamanda elde edilen veriler Minitab istatistik programı ile de değerlendirilerek sonuçlar teyit edilmiştir.

3.2.5. Gerçek örneklerde biyojen amin oluşumunun engellenmesi üzerine denemeler ve analizler

3.2.5.1. Et örneklerin hazırlaması

Bu çalışmalar kapsamında, dekarboksilaz sıvısında meydana gelen BA'leri en yüksek düzeyde inhibe eden bitkisel özüt tür ve düzeyi hazırlanan et örneği üzerinde denenmiştir. Bu amaçla piyasadan temin edilen tavuk göğsü yağsız kıyma örneği kontrol ve deneme grubu olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Çalışmada kontrol grubuna herhangi bir işlem uygulanmazken deneme grubuna *in-vitro* dekarboksilaz çözeltisi uygulaması sırasında en yüksek düzeyde BA oluşumuna neden olan mikroorganizma inoküle edilmiş ve ardından homojenize edilmiştir. BA üzerine etkili bulunan mikroorganizmalar (Babji ve Murthy 2000) yöntemine göre bazı modifikasyonlar yapılarak et örneklerine aşılanmıştır. Seçilen mikroorganizmalar, -80°C 'de saklanan stok kültürden aktive edilerek 10 ml Nutrient broth (Hi-Media, Bombay) içinde kültüre edilmiş ve 37°C 'de bir gece inkübasyona bırakılmıştır. Süre sonunda kültürler 4°C 'de 7000 rpm'de 15 dakika santrifüj edilip, üç kez yıkanmış ve 0.1% pepton-suda tekrar süspansiyon edilerek ml başına 10^8 hücre konsantrasyonu elde edilmiştir. Kontrol numunelerine steril 10 ml %0.1 pepton-su eklenirken, denemelerin yapılacağı numunelere ise 10 ml hazırlanan mikroorganizma bakteri süspansiyonu ilave edilmiştir. Polietilen bir poşet içinde hazırlanan numunelerde homojenizasyon sağlanması için karışım steril bir spatula ile yardımıyla ve poşet dışından elle maserasyon yapılarak karıştırılmıştır. Çalışmalarda hazırlanan deneme grubunda bir kısım örnek deneme kontrol grubu olarak ayrılırken diğer kısma *in-vitro* çalışmalar kapsamında en yüksek etki gösterdiği belirlenen bitkisel özütün %0.1, %0.25 ve %0.50 olmak üzere üç farklı dozu eklenilmiştir. Bu bağlamda gerçekleştirilen denemelerde bitkisel özütün etkili bulunan dozu %0.25 olarak tespit edilirken bu dozun alt ve üst dozları da denemelere dahil edilmiştir. Çalışmalar kapsamında oluşturulan deneme deseni Çizelge 3.6'da sunulmaktadır. Hazırlanan tüm kontrol ve deneme numuneleri $+4^{\circ}\text{C}$ ve $+15^{\circ}\text{C}$ 'de inkübasyona bırakılmış ve bu süre içerisinde farklı zamanlarda (0, 2, 4, 6, ve 8 gün $+4^{\circ}\text{C}$ için ve 0, 2, ve 4 gün $+15^{\circ}\text{C}$ için) numuneler alınarak mikrobiyolojik, kimyasal, fiziksel ve BA düzeyleri yönlerinden analiz edilmişlerdir. Denemelerde et numunelerinin hazırlanmasına yönelik bir görsel Şekil 3.9'da sunulmaktadır.



Şekil 3.9. Et örneklerin hazırlanması

Çizelge 3.6. Et örneklerinde planlanan deneme deseni

Kod	Numune adı	Açıklama
A	Kontrol	Homojen, karışimsız, yağsız kıyma örneği
B	Kontrol + %0.10	A örneğine BA'lerin oluşumunu engellemede en etkin bulunan bitkisel özütün birinci dozu (%0.10)
C	Kontrol + %0.25	A örneğine BA'lerin oluşumunu engellemede en etkin bulunan bitkisel özütün ikinci dozu (%0.25)
D	Kontrol + %0.50	A örneğine BA'lerin oluşumunu engellemede en etkin bulunan bitkisel özütün üçüncü dozu (%0.50)
E	İnoküle	A örneğine in vitro çalışmalarda en yüksek BA' düzeyine neden olan mikroorganizma inoküle edilmiş numune
F	İnoküle + %0.10	E örneğine BA'lerin oluşumunu engellemede en etkin bulunan bitkisel özütün birinci dozu (%0.10)
G	İnoküle + %0.25	E örneğine BA'lerin oluşumunu engellemede en etkin bulunan bitkisel özütün ikinci dozu (%0.25)
H	İnoküle + %0.50	E örneğine BA'lerin oluşumunu engellemede en etkin bulunan bitkisel özütün üçüncü dozu (%0.50)

3.2.5.2. Et numunelerine uygulanan analizler

3.2.5.2.1. Et numunelerinin biyojen amin analizleri için hazırlanması

Et numunelerindeki BA'lerin tür ve düzeylerinin belirlenmesi (Eerola vd. 1993) yöntemine göre yapılmıştır. Bu amaçla, numunelerden 10 gram alınmış ve 1 dakika boyunca mekanik olarak karıştırılmıştır. Homojenize edilen numuneden 5 g alınmış ve üzerine 0.4M perklorik asitten 25 mL eklenerek 1 dakika boyunca homojenize edilmiştir. Elde edilen homojenat, 8000 g'de 10 dakika boyunca santrifüj edilmiş, üst faz toplanmış

ve alt faza aynı şekilde özüte edilerek santrifüj edilmiş ve elde edilen üst fazlar bir balon jojede toplanmıştır. Toplanan materyaldeki BA düzeyleri “3.2.4.3. Biyojen amin analizleri” kısmında belirtildiği şekliyle analiz edilmiştir.

Kalite İndeksi (QI): Kalite indeksi (QI) ve biyojen amin indeksi (BAI), sırasıyla (Mietz ve Karmas 1977) ve (Veciana-Nogués vd. 1997) tarafından tanımlanan prosedürlere göre hesaplanmıştır. Kullanılan formüller şu şekildedir:

$$\text{Kalite indeksi (QI)} = (\text{HIS} + \text{CAD} + \text{PUT}) / (1 + \text{SPR} + \text{SPM}) \quad (3.1)$$

$$\text{Biyojen amin indeksi (BAI)} = \text{HIS} + \text{CAD} + \text{PUT} + \text{TYR} \quad (3.2)$$

3.2.5.2.2. Et numunelerinin mikrobiyolojik analizler için hazırlanması

Bu amaçla aseptik koşullarda 10 g örnek tartılmış, 90 ml peptonlu su içerisinde 2 dakika süre ile homojenize edilmiştir. Elde edilen bu 10^{-1} 'lik homojenizattan 10^{-8} 'e kadar onluk seyreltimler hazırlanmıştır. Örneklerin ekimleri dökme plak yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Dökme plak yönteminde, homojenizatardan 1 ml alınarak, steril boş bir petriye aktarılmıştır. Daha sonra, benmaride 40-45°C sıcaklıkta hazır bekletilen steril besiyeri, bu petriye 15 ml kadar dökülmüştür. Besiyerinin katılaşması beklenmeden, numune ile besiyerinin homojen şekilde karışıp yayılması için petri kabı sekiz şeklinde hareket ettirilerek karıştırılmıştır. Besiyerinin katılaşmasından sonra, inkübasyona alınan petrilere üreme gösteren koloniler göz ile sayılarak, seyreltme faktörünün de dikkate alınmasıyla değerlendirilmiş ve bir gramdaki bakteri miktarı tespit edilmiştir. Sonuçlar kob/g olarak ifade edilmiştir (Baumgart vd. 1986; Harrigan ve McCance 1976). Mikrobiyolojik analizler için hazırlanan et numuneleri aşağıda belirtilen parametreler yönlerinden analize alınmışlardır.

Toplam aerobik bakteri sayımı: Bu amaçla Plate Count Agar (PCA) besiyeri kullanılmıştır. Hazırlanan dilüsyonlardan dökme plak yöntemini ile ekimi yapılan petrilere, 35°C'de 3 gün aerobik şartlarda inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda petrilere üreyen koloniler sayılarak, toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı olarak ifade edilmiştir (Anonymous 1998).

Psikrofilik bakteri sayımı: Numunelerdeki Psikrofilik bakteri düzeyleri Anonymous (2001) yöntemine göre gerçekleştirilmiştir. İlgili yöntemine göre; PCA içeren petrilere dökme plak yöntemini ile ekimler yapıldıktan sonra petri kutuları sırasıyla 4±1°C'de 7 gün inkübe edilmişler ve süre sonunda petri kaplarında üreyen mikroorganizmalar sayılmışlardır.

Toplam koliform bakteri sayımları: Toplam koliformlar, dökme plak yöntemiyle Mawlood ve Khidhir (2018) tarafından bildirildiği şekliyle tespit edilmiştir. Yukarıda bahsedildiği gibi seri seyreltme şeklinde hazırlanmış numunelerin her birinden 1 ml alınmış ve aseptik olarak ayrı petri kaplarına olarak aktarılmıştır. Numunelerin üzerine eritilmiş ve 45°C'ye soğutulmuş MacConkey agarından 12-15 ml eklenerek petrilere lakalar hafifçe çalkalanmış ve agar ortamı katılaştıktan sonra, plakalar 37°C'de

48 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyondan sonra, pembe renkli koloniler sayılmıştır.

Maya ve küf sayımı: Numunelerdeki maya ve küf düzeyleri (Anonymous 2001) yöntemine göre Malt Extract Agar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Dökme plak yöntemini ile ekimi yapılmış olan petri kapları 25°C'de 3-5 gün inkübasyona bırakılmış ve inkübasyon sonunda oluşan koloniler sayılarak değerlendirilmiştir

Toplam *Staphylococcus aureus* sayısı: Toplam *Staphylococcus aureus* sayımı (TSAC), Datta vd. (2012) tarafından belirtildiği şekliyle, Mannitol Tuz Agarı (MSA) kullanılarak ekimleri gerçekleştirilmiş ve ardından 37°C'de 24 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda gelişen krem renkli *Staphylococcus aureus* kolonileri sayılmıştır.

3.2.5.2.3. Et numunesinde fizikokimyasal analizler

Toplam uçucu bazik azot (TVB-N): Homojenize edilen örneklerin uçucu baz içerikleri, su buharı distilasyonu yöntemiyle ayrılmış ve bu bazlar 0.1 N HCl içerisinde toplanmıştır. Aynı normalitede bir baz kullanılarak geri titre edilmiş ve TVB-N miktarı mg/100g olarak belirlenmiştir (Schormüller 1968).

Tiyobarbitirik asit (TBARS): Et örneklerinin lipid oksidasyon değeri, Xia vd. (2012) tarafından belirtilen yöntemle göre minör modifikasyonlarla TBARS kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla her bir homojenize et örneğinden 10 g tartılmış ve ardından, %7.5'lik (w/v) trikloroasetik asit (TCA) çözeltisi 50 mL eklenmiş ve elde edilen karışım 30 dakika boyunca vorteks yapılmıştır. Örnek çözeltisi, Whatman No.1 filtre kağıdı üzerinden süzölmüş ve ardından 20 mM 2-tiyobarbitirik asit 5 mL eklenerek karışım 40 dakika boyunca su banyosunda kaynatılmıştır. Hazırlanan örnek, 20-25°C'de 30 dakika soğutulmuş ve 5500 rpm ve 25 °C'de 25 dakika santrifüj edilmiştir ve elde edilen süpernatantın absorbansı 532 nm'de ölçülmüştür. TBARS değeri aşağıda belirtilen formüle göre hesaplanmış ve sonuçlar mg malonaldehit/kg örnek (mg MA/kg) olarak ifade edilmiştir.

$$\text{TBARS (mgMA/kg)} = (A_{532\text{nm}}/W_s) \times 9.48 \quad (3.3)$$

Formülde W_s : örnek ağırlığıdır ve $A_{532\text{ nm}}$ 'de test çözeltisinin absorbansıdır (g), ve 9.48: kırmızı TBA ürününün seyreltme faktörü ve molar soğurma katsayısından ($152\text{ L mol}^{-1}\text{ cm}^{-1}$) türetilen bir sabittir.

Peroksit analizi:

Peroksit analizi için, numunelerden 1 g özüte edilen et üzerine 10 ml kloroform ve 15 ml glasiyel asetik asit eklenmiş ve lipidler tamamen çözünene kadar çalkalanmıştır. Lipid çözünmesinin ardından 1 ml potasyum iyodür eklenmiş ve karanlık bir ortamda 4-5 dakika bekletilmiştir. Daha sonra numuneye 75 ml saf su, 1 damla 0.01 N sodyum tiyosülfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) ve 1 ml nişasta eklenmiş ve numunenin rengi sarıdan koyu maviye dönüşene kadar 0.002 N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ile titre edilmiştir (Hasegawa 1987). Aynı işlem, lipid içermeyen bir kör numune ile de gerçekleştirilmiştir. Titrasyon sırasında elde edilen sarfiyat okunmuş ve hesaplamalar aşağıdaki formüle göre yapılmıştır.

$$\text{Peroksit Sayısı (meq/kg)} = \frac{((T1 - T0) \times 0,002)}{m} \times 100 \quad (3.4)$$

Formülde T1 Örnek sarfiyatını, T0: Kör örnek sarfiyatını ve m: örnek ağırlığını göstermektedir.

Serbest yağ asitliği: Örnekten 10 g tartılmış ve üzerine 25 ml kloroform eklenmiş, karışım 2-3 dakika karıştırılmış ve hemen ardından büyük bir filtre kağıdından süzölmüştür. Daha sonra az miktarda susuz sodyum sülfat içeren bir kağıttan tekrar süzölmüş. Filtratın bir kısmı serbest yağ asitlerinin belirlenmesi için aşağıdaki şekilde kullanılmıştır:

%95 etanol, fenolftalein ilavesinden sonra damla damla 0.1 N NaOH ile nötrale edilmiştir. Daha sonra bu çözeltiden beş ml alınarak beş ml filtrat bir cam beherde eklenmiş ve bu karışımın rengi pembe olana kadar 0.1 N NaOH ile 15 saniye boyunca titre edilmiştir (Egan vd. 1981). SYA, örneğin yüzdesi olarak oleik asit cinsinden hesaplanmıştır:

$$\text{Serbest yağ asitliği} = \frac{0.1 \text{ NaoH(mL)} \times 0.0282 \times \text{seyreltme faktörü}}{m_{\text{numune ağırlığı}}} \times 100 \quad (3.5)$$

pH analizi: Numunelerde pH düzeylerini belirlemek için, 10 g örnek oda sıcaklığında (27°C) bir pH metre (Model HI 110 serisi, Hanna cihazları, ABD) kullanılarak 90 ml soğutulmuş damıtılmış su ile homojenize edilmiş ve ardından pH metre probu hazırlanan çözelti içine daldırılarak pH düzeyi belirlenmiştir. pH düzeyini belirlemeden önce pHmetre pH 7 ve pH 4 tamponları ile kalibre edilmiştir (Wardy vd. 2009).

Sızıntı su kaybı: Numunelerdeki sızıntı su kaybı (Honikel 1987) yöntemine göre belirlenmiştir. Çalışmada belirtilen kayıp kas ağırlığının yüzdesi olarak, bir ağda asılı durumdayken ve bir plastik torbada 48 saat boyunca 4°C’de bekletilerek ölçölmüştür.

Piştirme kaybı: Piştirme kaybı, yaklaşık 100 g ağırlığında numunelerin plastik torbalara konulup 75°C sıcaklıktaki su banyosunda 50 dakika bekletilmesi, ardından soğutulması, filtre kağıdı ile neminin alınması ve ardından tartılması şeklinde belirlenmiş olup aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Honikel, 1998).

$$\text{Piştirme kaybı \%} = \frac{\text{Ciğ ağırlık} - \text{pişmiş ağırlık}}{\text{Ciğ ağırlık}} \times 100 \quad (3.6)$$

Su Tutma Kapasitesi: Su tutma kapasitesi (Özalp ve Karakaya 2009) tarafından açıklanan yöntemle göre belirlenmiştir. Bu amaçla 8 g öğütölmüş et örneği bir tüpe konulmuş, ardından üzerine 12 ml 0.6M NaCl çözeltisi eklenmiştir. Tüp daha sonra 15 dakika boyunca 5°C’de bir soğutucuya yerleştirilmiştir. İşlem sonrası tüp 3000 x g’de 15

dakika boyunca 5°C’de santrifüj edilmiş ve elde edilen üst faz bir mezüre konularak hacmi belirlenmiştir. Su tutma kapasitesi yüzde (%) olarak aşağıdaki denklemle ifade edilmiştir.

$$\text{Su tutma kapasitesi (\%)} = \frac{\text{Başlangıç hacmi} - \text{Süpernatant hacmi}}{\text{Başlangıç hacmi}} \times 100 \quad (3.7)$$

3.2.5.2.4. Duyusal analizler

Duyusal analizler sırasında mikroorganizma inoküle edilmemiş et numuneleri kullanılarak ilave edilen bitkisel özütün ürünün duyusal niteliklerine etkisi incelenmiş olup, özüt içeren ve içermeyen et ürünün duyusal niteliklerinin tespitinde ürün profili analizi kullanılmıştır. Örnekler, 180°C’de 20 dakika pişirilip iç sıcaklıkları 75±1°C olarak bir prob termometresi ile izlenmiş ve 7 deneyimli panel üyesine sıcak olarak sunulmuştur. Panel üyeleri, et konusunda bilimsel tecrübeye sahip lisansüstü öğrencilerinden oluşmaktadır (Esaiassen vd. 2004; Meilgaard vd. 1999). Duyusal özellikler, renk, tat ve aroma, yumuşaklık, sulu olma ve genel kabul edilebilirlik gibi nitelikleri değerlendirmek için 5 puanlı tanımlayıcı ölçek kullanılarak değerlendirilmiştir. İlgili değerlendirmeye ilişkin tablolar Çizelge 3.7 ve Çizelge 3.8’de sunulmaktadır. Bu ölçek, her bir özelliğin ekstrem derecelerini (5 - son derece arzu edilen renk/tat/yumuşaklık/sulu/uygun; 1- son derece istenmeyen renk/ tat/ yumuşaklık/ sulu/ genel kabul) ifade etmektedir. Panel üyeleri, örnekler arasında damak tadını temizlemek için içme suyu kullanmışlardır

Çizelge 3.7. Et örneklerinde duyusal analizler tablosu

Numune No.	Renk	Aroma-Koku	Yumuşaklık	Sululuk	Genel Kabul	Notlar

Çizelge 3.8. Çizelge 3.7'nin açıklaması

	Renk	Aroma-Koku	Yumuşaklık	Sululuk	Genel Kabul
1.	Çok kabul edilemez renk	Güçlü ekşi koku	Sert	Kuru	Reddedilir
2.	Kabul edilemez renk	Belirgin ekşi koku	Azca yumuşak	Birazca sulu	Birazca kabul edilebilir
3.	Birazca kabul edilebilir renk	Orta derecede ekşi koku	Orta yumuşak	Orta derecede sulu	Orta derecede kabul edilebilir
4.	Kabul edilebilir renk	Hafif ekşi koku	Yumuşak	Sulu	Kabul edilebilir
5.	Çok kabul edilebilir renk	Ekşi koku yok	Çok yumuşak	Çok sulu	Yüksek kabul

3.3. İstatistiksel Değerlendirme

Çalışmadan elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirmesi için Cevap Yüzey Yöntemi deneme tasarımı kullanılmıştır. İlgili tasarımın kullanılmasında MİNİTAB istatistiksel paket programından yararlanılmıştır. Tasarımda her bir değişken üç seviyede incelenmiş olup merkez noktada 3 tekrar yapılmıştır. Optimizasyon işleminde, özüte edilen aktif maddelerin konsantrasyonları üzerindeki belirtilen parametrelerin birinci ve ikinci dereceden etkileri ve birbirleriyle muhtemel etkileşimleri istatistiksel olarak incelenmiştir. Analizler sonucunda işlem parametrelerinin etkili olduğu modeller kullanılarak bu parametrelerin etkilerini gösterir 3-D yanıt yüzeyler oluşturulmuştur. Özelliklere ait tanımlayıcı görsellerin oluşturulmasında Minitab 18 ve Microsoft Excell yazılımlarından yararlanılmıştır. İstatistiksel analiz için XLSTAT (2016) programı kullanılmıştır. Özütlerin mikroorganizmalar tarafından BA oluşumu üzerindeki etkilerini belirlemek ve ayrıca farklı sıcaklıklarda kızartma sırasında etin kalitesini değerlendirmek için varyans analizi (ANOVA) kullanılmıştır. Tasarımda her bir değişken üç seviyede incelenmiş olup merkez noktada 3 tekrar yapılmıştır. Ortalamalar, Duncan Çoklu Karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar %95 güven aralığında ve $p<0.05$ anlamlılık seviyesinde değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Et numunelerinde BA oluşumunu engelleyen bitkisel özütlerin etkinliklerinin belirlenmesi çalışmalarından önce bitkisel özütlerdeki aktif bileşenlerin ve ayrıca uygulamalar sırasında meydana gelen BA'lerin tür ve düzeylerini belirlenmesi amacıyla kullanılan HPLC yöntemleri aşağıda belirtildiği şekliyle optimize edilmiştir.

4.1. Bitkisel Aktif Madde ve Biyojen Amin Düzeylerinin Belirlenmesine Yönelik HPLC Yöntem Parametrelerinin Optimizasyonu

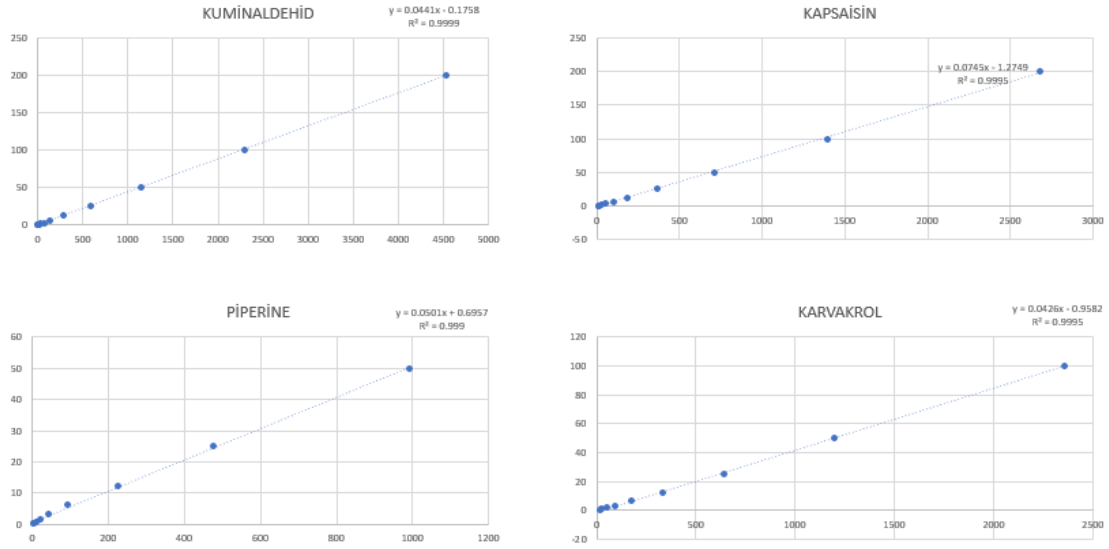
Bitkisel aktif maddelerin tür ve düzeylerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilen yöntem doğrulama çalışmasının sonuçlarına göre, farklı konsantrasyonlardaki aktif bileşenler (kuminaldehit, kapsaisin, piperin ve karvakrol) ve BA'ler (DOP, PUT, CAD, TRP, PHEA, SPM, SPR, HIS, TYR) kullanılarak kalibrasyon eğrileri oluşturulmuştur. Kullanılan yöntemin belirtilen konsantrasyon aralıklarında (0.1-200 ppm bitkisel aktif maddeler için ve 0.2-20 ppm BA'ler için) doğrusal olduğu ($r^2=1.00$) sonucuna varılmıştır. Ayrıca, en düşük kalibre edilen düzey seviyesindeki konsantrasyonda bulunan analitik standartların konsantrasyonları altı kez enjekte edilmiş ve elde edilen pik alanı alanları kaydedilmiştir. Elde edilen değerlere göre LOD, LOQ ve tekrarlanabilirlik düzeyleri hesaplanmıştır. Aynı zamanda elde edilen çıkış zamanı kaymaları değerlendirilmiş ve sonuçlara göre aktif maddelerin çıkış zamanındaki kaymanın önemsiz olduğu sonucuna varılmıştır.

HPLC cihazına Çizelge 3.4 ve 3.5'te belirtilen analitik şartlar altında hazırlanmış standart çözeltiler enjekte edilmiş ve aktif maddelerin ve BA'lerin uygun şekilde ayrışması için mobil fazın bileşimi, kolon akış hızı, kolon sıcaklığı ve HPLC cihazının dedektör dalga boyu değerleri en uygun hale getirilmiştir.

Validasyon çalışmaları sonucunda elde edilen doğrusal aralık, kalibrasyon denklemi, çıkış zamanı, LOD, LOQ, %RSD ve r^2 değerleri Çizelge 4.1'de, aktif maddelerin standartlarına ait elde edilen kalibrasyon grafikleri Şekil 4.1'de ve çalışmalar kapsamında HPLC'den elde edilen kromatogramlar Şekil 4.2'de sunulmaktadır.

Çizelge 4.1. Bitkisel aktif maddelerin HPLC analizlerine yönelik validasyon sonuçları

Aktif bileşenler	Doğrusal aralık (ppm)	Kalibrasyon denklemi	Çıkış zamanı (dak)	% RSD	LOQ (ppm)	LOD (ppm)	r^2
Kuminaldehit	0.39-200	$y = 0.0441x - 0.1758$	4.96	5.212	0.090	0.027	0.999
Kapsaisin	0.19-200	$y = 0.0745x - 1.2749$	3.84	2.779	0.211	0.063	0.999
Piperin	0.19-50	$y = 0.0501x + 0.6957$	3.78	0.629	0.052	0.016	0.999
Karvakrol	0.19-100	$y = 0.0426x - 0.9582$	13.88	1.454	1.265	0.379	0.999



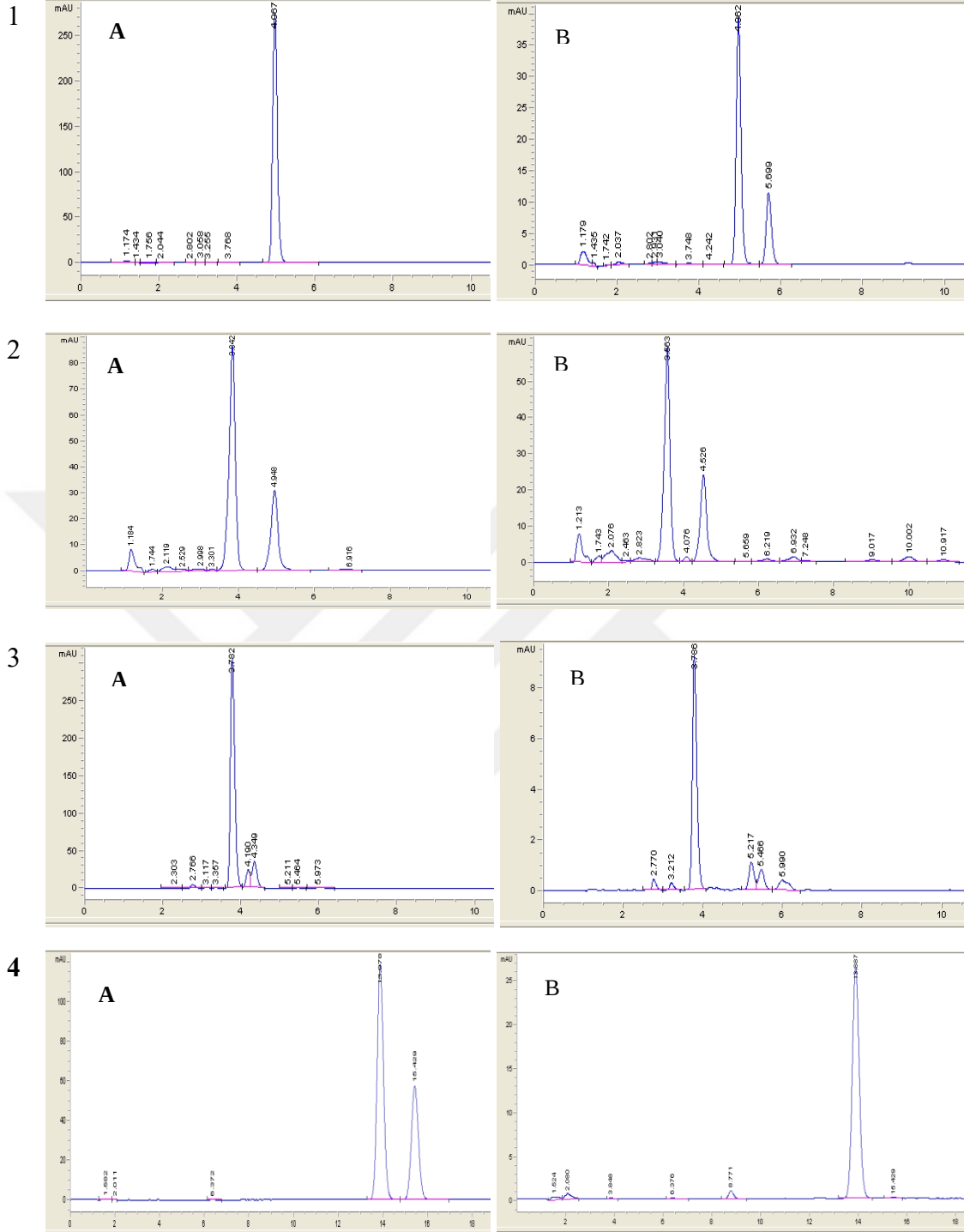
Şekil 4.1. Kuminaldehid, kapsaisin, piperin ve karvakrol ait kalibrasyon grafikleri

Yapılan HPLC analizlerinin sonuçlarına göre, çeşitli aktif bileşenlerin analitik performansları değerlendirilmiş olup, kullanılan HPLC yönteminin yüksek doğruluk ve hassasiyete sahip olduğunu ve farklı bileşenlerin tespiti için güvenilir bir yöntem olduğu sonucuna varılmıştır.

BA standartlarına yönelik validasyon çalışmalarından elde edilen bulgular Çizelge 4.2’de verilmiştir. Her BA için doğrusal aralık, kalibrasyon denklemi, çıkış zamanı, LOD, LOQ %RSD ve r^2 değerleri hesaplanmıştır. BA standartlarına ait elde edilen kalibrasyon grafikleri Şekil 4.3’te ve çalışma kapsamında HPLC’den elde edilen kromatogramlar Şekil 4.4’te sunulmaktadır.

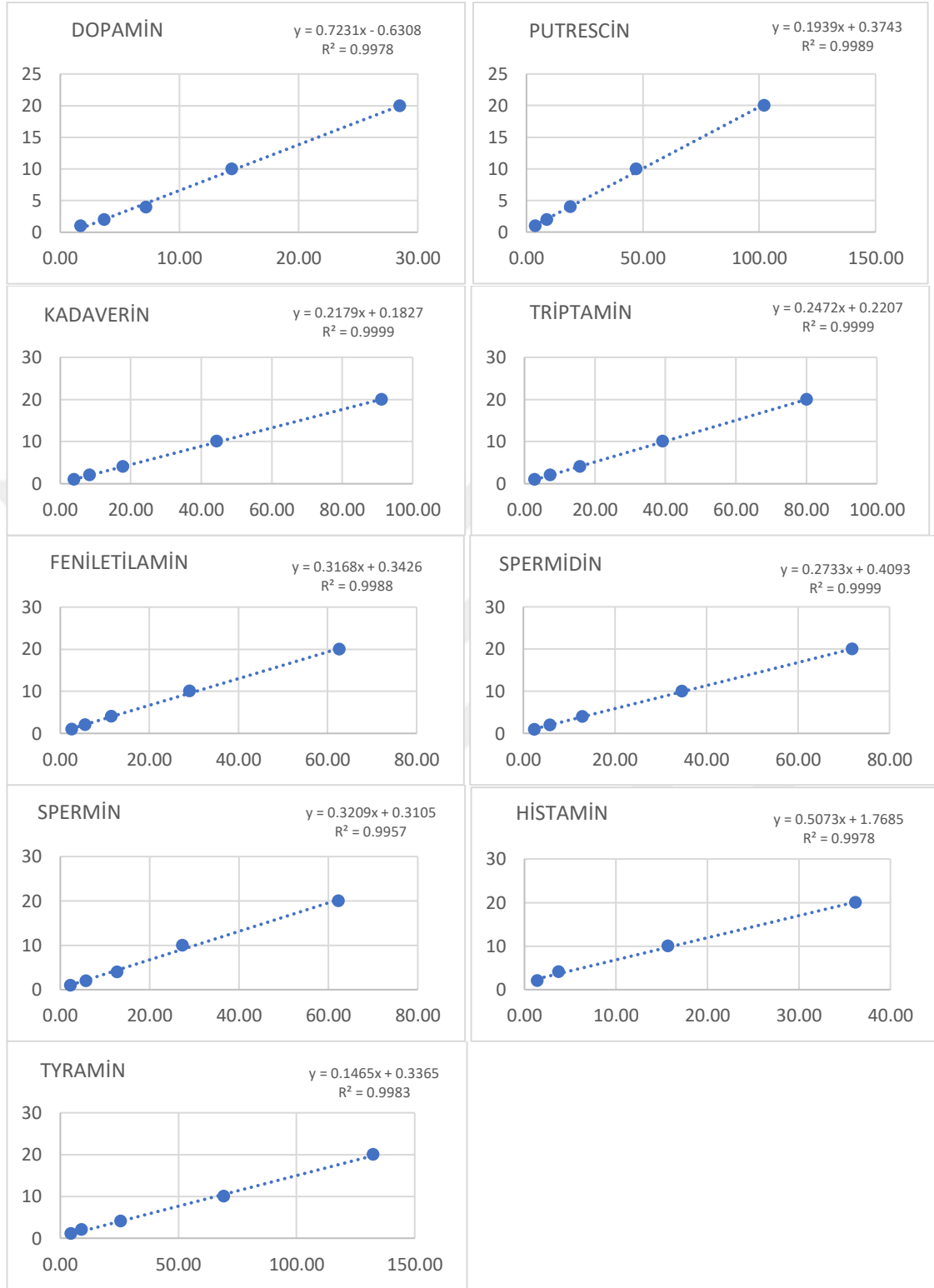
Çizelge 4.2. Biyojen aminlerin HPLC analizlerine yönelik validasyon sonuçları

Biyogen aminler	Doğrusal aralık (ppm)	Kalibrasyon denklemi	Çıkış Zamanı (dak)	% RSD	LOQ (ppm)	LOD (ppm)	r^2
DOP	0.62-20	$y = 0.7231x - 0.6308$	2.62	1.771	0.845	0.254	0.998
PUT	0.15-20	$y = 0.1939x + 0.3743$	4.83	3.236	1.332	0.400	0.999
CAD	0.15-20	$y = 0.2179x + 0.1827$	5.63	3.593	1.463	0.439	0.999
TRP	0.31-20	$y = 0.2472x + 0.2207$	6.84	3.412	1.376	0.413	0.999
PHEA	0.31-20	$y = 0.3168x + 0.3426$	8.38	5.202	2.079	0.624	0.999
SPM	0.31-20	$y = 0.2733x + 0.4093$	9.67	9.990	8.294	2.488	0.999
SPR	0.13-20	$y = 0.3209x + 0.3105$	19.73	8.998	3.254	0.976	0.996
HIS	0.62-20	$y = 0.5073x + 1.7685$	22.75	5.578	2.071	0.621	0.998
TYR	0.15-20	$y = 0.1465x + 0.3365$	37.90	3.513	1.359	0.408	0.998

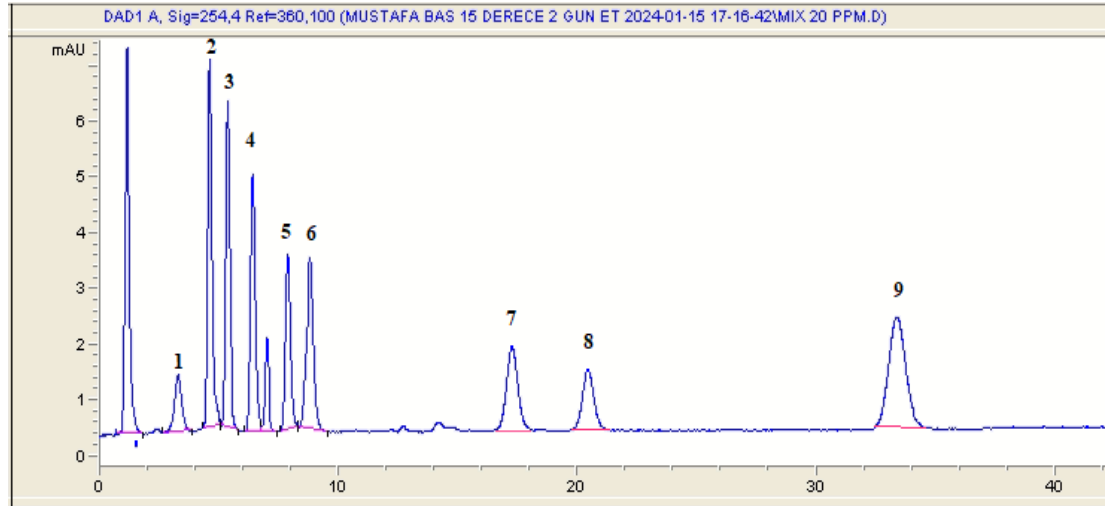


Şekil 4.2. Bitkisel aktif maddelere yönelik analitik standart (A) ve bitki numunesi (B) kullanılarak elde edilen HPLC kromatogramları 1: Kuminaldehyd, 2: Kapsaisin, 3: Piperin, 4: Karvakrol

BA'lerin HPLC analizleri çalışmaları kapsamında gerçekleştiren metod validasyonu bulgularına göre, kullanılan yöntemin numunelerdeki BA'lerin tür ve düzeylerini belirlemede yüksek doğruluk ve güvenilirlik sağladığını göstermektedir.



Şekil 4.3. Biyojen aminlere ait kalibrasyon grafikleri



Şekil 4.4. Biyojen aminlerin analitik standardı (20 ppm)

DOP: 1, PUT: 2, CAD:3, TRP: 4, PHEA: 5, SPD: 6, SPR: 7, HIS: 8, TYR:9.

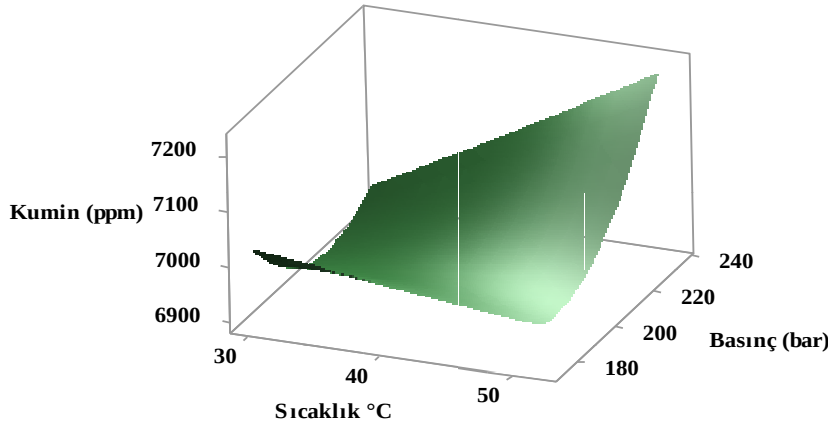
4.2. SKA-CO₂ Ekstraksiyonu Koşullarının Optimizasyonu ve Bitkisel Özütlere Elde Edilmesi

Bitkilerde mevcut aktif maddelerin SKA-CO₂ ekstraksiyonu ile özüte edilmesi çalışmaları bazı değişiklikler yapılarak (de Oliveira vd. 2016; de Oliveira vd. 2019) tarafından bildirilen yöntemle gerçekleştirilmiştir. Bitkisel materyallerden en yüksek verimlilikte aktif bileşikler elde edilebilmesi amacıyla SKA-CO₂ cihazında farklı sıcaklık ve basınç koşullarında denemeler gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar cevap-yüzey yöntemine göre değerlendirilmiştir. Bu kapsamda ilgili yöntemle kullanılan parametrik değerler ve elde edilen aktif madde miktarları aşağıdaki çizelgelerde (4.3, 4.4, 4.5 ve 4.6) sunulmuştur:

Çizelge 4.3. Kimyon numunesinin farklı koşullardaki SKA-CO₂ ekstraksiyonu şartlarından elde edilen kuminaldehit miktarları

Deneme No	Sıcaklık °C	Basınç (Bar)	Konsantrasyon (ppm)
1	33	180	6999.01
2	47	180	7044.10
3	33	220	6854.30
4	47	200	6939.77
5	30	200	6952.21
6	52	200	6973.24
7	40	172	6917.23
8	40	234	7120.33
9	40	200	6807.86
10	40	200	6979.09
11	40	200	6952.21
12	40	200	6936.61
13	40	200	7082.76

Elde edilen sonuçlara göre, kimyon numunelerinde SKA-CO₂ ekstraksiyonu sonucu kuminaldehid eldesi için cevap-yüzey yöntemine göre en yüksek veriminin 52°C sıcaklıkta ve 234 bar basınçta gerçekleştirildiği tespit edilmiştir. Belirlenen koşullar altında, kuminaldehid'in SKA-CO₂ yöntemiyle ekstraksiyonu için elde edilen cevap-yüzey grafiği Şekil 4.5'te sunulmaktadır.



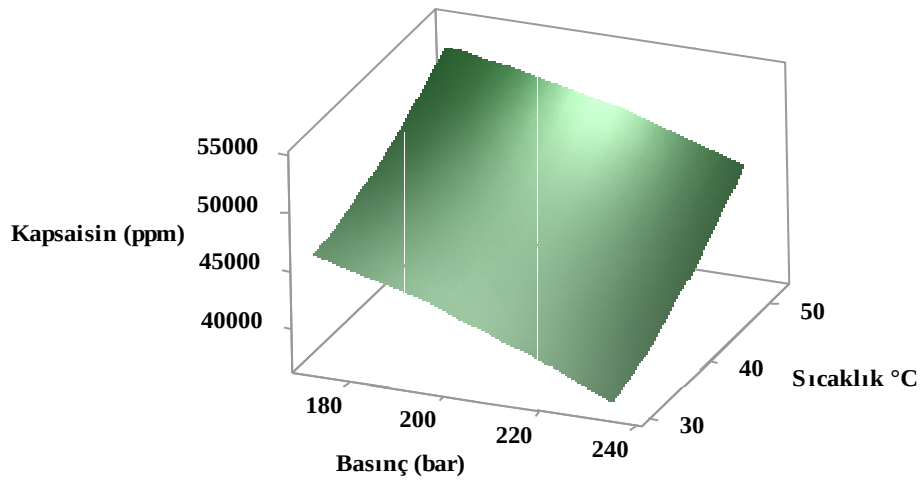
Şekil 4.5. Kuminaldehid ekstraksiyonun koşullarına ait yanıt yüzey grafiği

Kırmızı biber numunelerinde SKA-CO₂ ekstraksiyonu sonucu kapsaisin miktarı üzerindeki değişime yönelik hazırlanan cevap yüzey yöntemi şartları ve bu şartlarda elde edilen kapsaisin miktarları Çizelge 4.4.'te sunulmaktadır.

Çizelge 4.4. Kırmızı biber numunesinin farklı koşullardaki SKA-CO₂ ekstraksiyonu şartlarından elde edilen kapsaisin miktarları

Deneme No	Sıcaklık °C	Basınç (Bar)	Konsantrasyon (ppm)
1	33	180	46552.78
2	47	180	50823.76
3	33	220	43676.00
4	47	200	48950.87
5	30	200	40738.71
6	52	200	49277.94
7	40	172	48175.89
8	40	234	37537.19
9	40	200	44617.05
10	40	200	47662.56
11	40	200	44746.69
12	40	200	43015.64
13	40	200	51418.24

Çizelge 4.4'te bulunan sonuçlara göre, kırmızı biber numunelerinde SKA-CO₂ ekstraksiyonu sonucu kapsaisin miktarı üzerindeki en yüksek veriminin cevap-yüzey yöntemine göre en uygun şartlar 52°C sıcaklıkta ve 172 bar basınçta elde edilmiştir. Bu kapsamda elde edilen cevap yüzey grafiği Şekil 4.6'da sunulmaktadır.



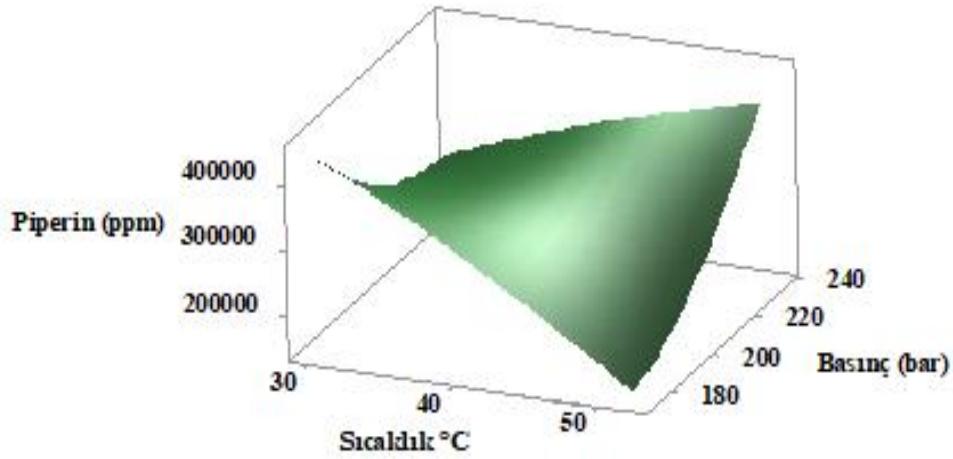
Şekil 4.6. Kapsaisin ekstraksiyonun koşullarına ait yanıt yüzey grafiği

Farklı sıcaklık ve basınç koşullarında gerçekleştirilen SKA-CO₂ ekstraksiyonu sonucunda karabiber numunelerinde piperin miktarı üzerindeki değişim Çizelge 4.5'te sunulmaktadır.

Çizelge 4.5. Karabiber numunesinin farklı koşullardaki SKA-CO₂ ekstraksiyonu şartlarından elde edilen piperin miktarları

Deneme No	Sıcaklık °C	Basınç (Bar)	Konsantrasyon (ppm)
1	33	180	392731.20
2	47	180	229647.67
3	33	220	278517.61
4	47	200	296798.41
5	30	200	303319.81
6	52	200	231204.23
7	40	172	303000.62
8	40	234	351715.63
9	40	200	281266.92
10	40	200	312424.49
11	40	200	295730.33
12	40	200	206229.73
13	40	200	343464.35

Cevap-yüzey yöntemine sonuçlarına göre, karabiber numunelerinde SKA-CO₂ ekstraksiyonu sonucu piperin miktarı üzerindeki en yüksek verimi 30°C sıcaklıkta ve 172 bar basınçta elde edilmiştir (Çizelge 4.5). Bu kapsamda hazırlanan cevap yüzey grafiği Şekil 4.7'de sunulmaktadır.



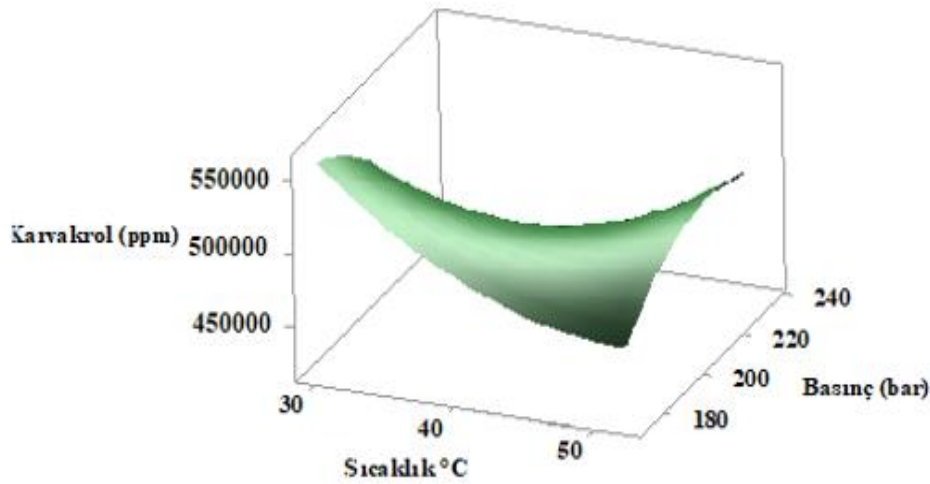
Şekil 4.7. Piperin ekstraksiyonun koşullarına ait yanıt yüzey grafiği

Kekik numunelerinde farklı sıcaklık ve basınç koşullarında gerçekleştirilen SKA-CO₂ ekstraksiyonu sonucunda karvakrol miktarı üzerindeki değişim Çizelge 4.6’da sunulmaktadır.

Çizelge 4.6. Kekik numunesinin farklı koşullardaki SKA-CO₂ ekstraksiyonu şartlarından elde edilen karvakrol miktarları

Deneme No	Sıcaklık °C	Basınç (Bar)	Konsantrasyon (ppm)
1	33	180	549876.92
2	47	180	489211.16
3	33	220	509547.98
4	47	200	535116.76
5	30	200	572549.90
6	52	200	555771.58
7	40	172	573675.42
8	40	234	446647.56
9	40	200	586887.74
10	40	200	564335.16
11	40	200	515177.26
12	40	200	443203.36
13	40	200	534734.08

Cevap-yüzey yöntemi çalışmalarından elde edilen bulgulara göre, kekik numunelerinde SKA-CO₂ ekstraksiyonu sonucu karvakrol ekstraksiyonu için en iyi şartların, 30°C sıcaklıkta ve 172 bar basınç olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışmalardan elde edilen üç boyutlu cevap-yüzey grafiği Şekil 4.8’de sunulmaktadır.



Şekil 4.8. Karvakrol ekstraksiyonun koşullarına ait yanıt yüzey grafiği

Bitkisel numunelerden en yüksek verimlilikte aktif madde eldesi kapsamında gerçekleştirilen çalışmalardan elde edilen bulguların cevap-yüzey yöntemine göre değerlendirilmesine göre en yüksek miktarda aktif madde elde edebilmek için optimize edilen şartlar Çizelge 4.7’de özetlenmiştir.

Çizelge 4.7. Cevap-yüzey yöntemine göre optimize edilen en iyi şartlar

Aktif madde	Sıcaklık °C	Basınç (bar)	Formül	Konsantrasyon (ppm)
Kuminaldehid	52	234	$Kuminaldehid (ppm) = 12010 - 47,6 Sıcaklık (°C) - 42,6 Basınç (bar) + 0,024 Sıcaklık (°C) * Sıcaklık (°C) + 0,0831 Basınç (bar) * Basınç (bar) + 0,250 Sıcaklık (°C) * Basınç (bar)$	7223
Kapsaisin	52	172	$Kapsaisin (ppm) = 54327 + 96 Basınç (bar) - 675 Sıcaklık (°C) - 0,72 Basınç (bar) * Basınç (bar) + 8,3 Sıcaklık (°C) * Sıcaklık (°C) + 1,79 Basınç (bar) * Sıcaklık (°C)$	52943
Karvakrol	30	172	$Piperin (ppm) = 4710462 - 60543 Sıcaklık (°C) - 31339 Basınç (bar) - 103 Sıcaklık (°C) * Sıcaklık (°C) + 46,0 Basınç (bar) * Basınç (bar) + 324 Sıcaklık (°C) * Basınç (bar)$	442360
Piperin	30	172	$Karvakrol (ppm) = 592128 - 15242 Sıcaklık (°C) + 2421 Basınç (bar) + 118 Sıcaklık (°C) * Sıcaklık (°C) - 15,0 Basınç (bar) * Basınç (bar) + 77,0 Sıcaklık (°C) * Basınç (bar)$	611040

Bu sonuçlar, bitkisel özütlerden farklı aktif bileşenlerin en verimli şekilde özüte edilebilmesi için SKA-CO₂ ekstraksiyon yönteminin uygulanacağı şartların farklılık gösterdiğini göstermektedir. Sıcaklık ve basınç gibi ekstraksiyon parametrelerinin, aktif bileşenlerin ekstraksiyon verimini ve miktarını önemli ölçüde etkilediği açıkça görülmektedir.

4.3. Dekarboksilaz Sıvılarında Mikroorganizmaların Gelişimi ve Bitkisel Özütlerin Etkileri

4.3.1. Tirosin dekarboksilaz sıvısında (TDS) mikrobiyal gelişim üzerine bitkisel özütlerin etkisi

Çizelge 4.8’de, dört farklı bitkisel özütün farklı konsantrasyonlarının, patojen bakteri suşların (*E. faecalis*, *E. coli*, *K. pneumoniae*, *P. aeruginosa* ve *S. aureus*)

büyümesini inhibe etme yeteneği değerlendirilmiştir. TDS’da %0.50 kekik ve kimyon özütü konsantrasyonunda tüm bakteri suşları tamamen inhibe edilmiştir (0.00 log kob/mL). Kekik ve kimyon özütlerinin özellikle %0.10 konsantrasyonda, *E. faecalis* ve *E. coli* için log kob sayılarını belirgin şekilde azaldığı gözlemlenmiştir. Bu mikroorganizmalar için *E. faecalis* miktarı sırasıyla 2.45 ve 3.76 log kob/mL ve *E. coli* için 2.76 ve 3.48 log kob/mL olarak tespit edilmiştir. Kekik ve kimyon ayrıca *K. pneumoniae*’ye karşı tüm konsantrasyonlarda geniş bir etkinlik göstermektedir. *K. pneumoniae* ve *P. aeruginosa* özütleri bir miktar direnç göstermiştir, ancak daha düşük konsantrasyonlarda bile kob sayılarını azaltmaya yardımcı olmuştur. *S. aureus* düzeyleri tüm özütlerin konsantrasyonlarının artmasıyla birlikte tutarlı bir düşüş sergilemiştir. Genel olarak, kekik ve kimyon özütleri bakteriyel büyümeyi güçlü bir şekilde engelleyen etkileriyle dikkat çekmektedir, bununla birlikte karabiber ve kırmızı biber daha az inhibisyon sağlamaktadır.

Çizelge 4.8. TDS’na inoküle edilen mikroorganizmalar üzerine bitkisel özütlerin etkileri (log kob/mL)

Özütler	Kon (%)	<i>E. faecalis</i>	<i>E. coli</i>	<i>K. pneumoniae</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>S. aureus</i>
Kontrol	0.00	9.23±0.43 ^a	7.90±0.30 ^a	8.19±0.31 ^a	9.27±0.34 ^a	8.17±0.33 ^a
Kekik	0.02	7.25±0.31 ^g	6.39±0.36 ^g	7.55±0.37 ^d	8.88±0.48 ^d	7.53±0.39 ^d
	0.10	2.45±0.04 ⁱ	2.76±0.09 ⁱ	4.27±0.24 ^g	4.88±0.43 ⁱ	2.15±0.11 ^h
	0.50	0.00±0.00 ^j	0.00±0.00 ^j	0.00±0.00 ^h	0.00±0.00 ^j	0.00±0.00 ⁱ
Kimyon	0.02	7.36±0.32 ^f	7.39±0.31 ^c	7.84±0.37 ^c	8.92±0.49 ^{cd}	7.86±0.36 ^b
	0.10	3.76±0.05 ^h	3.48±0.16 ^h	5.10±0.31 ^f	5.88±0.31 ^h	4.07±0.13 ^g
	0.50	0.00±0.00 ^j	0.00±0.00 ^j	0.00±0.00 ^h	0.00±0.00 ^j	0.00±0.00 ⁱ
Kara B.	0.02	8.73±0.44 ^b	7.56±0.37 ^b	7.92±0.43 ^{bc}	9.14±0.53 ^{ab}	7.64±0.39 ^{cd}
	0.10	8.33±0.32 ^c	7.04±0.32 ^e	7.53±0.47 ^d	8.50±0.42 ^e	7.15±0.45 ^e
	0.50	7.95±0.32 ^e	6.74±0.23 ^f	7.03±0.36 ^e	8.03±0.38 ^g	6.83±0.33 ^f
Kırmızı B.	0.02	8.81±0.49 ^b	7.64±0.31 ^b	7.96±0.34 ^b	9.08±0.51 ^{bc}	7.71±0.37 ^c
	0.10	8.42±0.33 ^c	7.15±0.45 ^d	7.57±0.42 ^d	8.28±0.38 ^f	7.24±0.41 ^e
	0.50	8.22±0.43 ^d	7.04±0.29 ^e	7.52±0.38 ^d	8.05±0.44 ^g	6.93±0.32 ^f

Tablodaki sayılar ortalamayı ve standart hatayı temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$).

Bitkisel aktif maddelerin mikroorganizmalar üzerine etkinliği bitkinin toplandığı lokasyona, kurutma ve ekstraksiyon yöntemlerine bağlı olarak değişebilmektedir. Gerçekleştirilen bir çalışmada TDS’da, kimyon, kırmızı biber ve karabiberin hem Gram-pozitif (*S. aureus* ve *E. faecalis*) hem de Gram-negatif (*K. pneumoniae* ve *P. aeruginosa*) bakteriler üzerinde düşük antimikrobiyal aktivite inhibisyonu gösterdiği ve Soxhlet ekstraksiyonu tekniği ile elde edilen bu özütlerin %1’lik konsantrasyonlarının bakterileri 1.0 log kob/mL altında inhibe ettiği rapor edilmektedir (Kuley vd. 2024). Mostafa vd. (2018) yaptığı çalışmada, kimyon özütünün bakterisidal aktiviteleri incelenmiş ve bazı

bakterilere karşı düşük bir etkinlik sergilediği bildirilmiştir. Bulgular, kimyon özütünün bazı patojenik bakterilere karşı etkili olmadığını ve bu durumun özütün kimyasal bileşimi ve bakteri türleri arasındaki etkileşimler nedeniyle olabileceğini göstermiştir. Bu sonuçlar, kimyon özütünün antimikrobiyal özelliklerinin sınırlı olabileceğini ve diğer antimikrobiyal ajanlarla birlikte veya farklı kombinasyonlarda kullanılması gerektiğini öne sürmektedir. Bununla birlikte bir diğer çalışmada da *C. cyminum* özütünün, hem Gram-pozitif hem de Gram-negatif bakterilere karşı iyi bir aktivite gösterdiği bildirilmektedir. Adı geçen çalışmada, *C. cyminum*'un esansiyel yağı ve özütünün, amoksisiline göre üropatojenik izolatlar üzerinde daha iyi antibakteriyel aktivite gösterdiğini ve bu farkın anlamlı olduğunu, ancak aktivitesinin diğer antibiyotiklerden üstün olmadığını göstermiştir (Saee vd. 2016). Kurutma tekniği ve ekstraksiyon çözücülerinin özütlerin antibakteriyel aktiviteleri üzerindeki etkileri önceki çalışmalarda vurgulanmış olup, farklı kurutma tekniklerinin biyoaktif bileşiğin degrade olmasına ve çözücülerin ise biyoaktif bileşiğin çözünürlüğünü etkileyerek aktiviteden sorumlu biyoaktif bileşiklerin ekstraksiyonu üzerinde önemli rol oynadıkları bildirilmiştir. (Mohammad Salamatullah vd. 2022; Pundir ve Jain 2010). Öte yandan, antimikrobiyal testler, farklı lokasyonlardan temin edilen aynı cins ve türe ait bitkilerden elde edilen özütlerin farklı biyo etkinlik gösterebileceklerine de işaret etmektedir. Bu kapsamda Bulgaristan'dan gelen kimyonun küf ve bakterilere karşı yüksek aktiviteler gösterdiğini ortaya koymuştur (Jirovetz vd. 2005).

4.3.2. Histidin dekarboksilaz sıvısında (HDS) mikrobiyal gelişim üzerine bitkisel özütlerin etkisi

Tez kapsamında etkinlikleri incelenen dört özütün farklı konsantrasyonlarının patojen bakteri suşlarına (*E. faecalis*, *E. coli*, *K. pneumoniae*, *P. aeruginosa* ve *S. aureus*) olan inhibisyon etkileri Çizelge 4.9'da sunulmaktadır. HDS'da %0.50 kekik ve kimyon özütü konsantrasyonunda tüm bakteri suşları tamamen inhibe ettiği belirlenmiştir (0.00 log kob/mL). Ayrıca, %0.10 konsantrasyonda kekik özütünün araştırma kapsamındaki tüm mikroorganizmalara karşı da etkili bir inhibisyon sağladığı tespit edilmiştir.

Karabiber ve kırmızı biber, aynı konsantrasyonda (0.10%) sırasıyla *E. faecalis*'e karşı 7.35 ve 7.46 log kob/mL değerleri ile benzer inhibisyon etkileri göstermektedir. *E. coli*, tüm özütler tarafından %0.10 konsantrasyonda 3.46 ile 6.84 arasında değişen kob değerleri ile güçlü bir şekilde inhibe edilmektedir. *K. pneumoniae*, %0.10 konsantrasyonda kekik ve kimyon özütleri için 4.14 ile 5.81 log kob/mL sırayla düşürülmesiyle yüksek derecede hassasiyet göstermektedir. *P. aeruginosa*, özellikle daha yüksek %0.50 konsantrasyonda tüm özütlerle önemli kob azalması sağlamıştır. Bu sonuçlar, özellikle kekik olmak üzere, bu özütlerin etkinliğinin belirli konsantrasyonlarda bir miktar azalmış olsa da, etkili antibakteriyel ajanlar olarak potansiyellerini vurgulamaktadır.

Çizelge 4.9. HDS’na inoküle edilen mikroorganizmalar üzerine bitkisel özütlerin etkisi (log kob/mL)

Özütler	Kon (%)	<i>E. faecalis</i>	<i>E. coli</i>	<i>K. pneumoniae</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>S. aureus</i>
Kontrol	0.00	8.10±0.42 ^a	7.38±0.34 ^a	9.00±0.46 ^a	8.90±0.44 ^a	8.08±0.41 ^b
Kekik	0.02	6.71±0.34 ^f	6.46±0.36 ^d	8.20±0.46 ^f	7.59±0.41 ^e	7.17±0.38 ^g
	0.10	3.66±0.14 ⁱ	3.46±0.13 ^f	4.14±0.24 ⁱ	4.93±0.19 ^h	2.40±0.09 ^j
	0.50	0.00±0.00 ^j	0.00±0.00 ^g	0.00±0.00 ^j	0.00±0.00 ⁱ	0.00±0.00 ^k
Kimyon	0.02	6.37±0.33 ^g	7.36±0.41 ^a	8.84±0.42 ^b	8.45±0.54 ^b	8.39±0.44 ^a
	0.10	3.91±0.14 ^h	4.10±0.22 ^e	5.81±0.34 ^h	5.96±0.27 ^g	4.33±0.25 ⁱ
	0.50	0.00±0.00 ^j	0.00±0.00 ^g	0.00±0.00 ^j	0.00±0.00 ⁱ	0.00±0.00 ^k
Kara B.	0.02	7.93±0.43 ^b	7.12±0.42 ^b	8.53±0.47 ^d	8.14±0.49 ^c	7.72±0.40 ^d
	0.10	7.35±0.41 ^d	6.73±0.31 ^c	8.26±0.47 ^e	7.74±0.43 ^d	7.33±0.37 ^{ef}
	0.50	6.95±0.32 ^e	6.35±0.29 ^d	7.93±0.33 ^g	7.31±0.46 ^f	6.75±0.34 ^h
Kırmızı B.	0.02	7.96±0.47 ^b	7.17±0.45 ^{ab}	8.63±0.51 ^c	8.15±0.53 ^c	7.83±0.49 ^c
	0.10	7.46±0.44 ^c	6.84±0.37 ^c	8.23±0.42 ^{ef}	7.77±0.34 ^d	7.43±0.54 ^e
	0.50	7.30±0.42 ^d	6.79±0.24 ^c	8.20±0.35 ^f	7.63±0.49 ^e	7.29±0.38 ^f

Tablodaki sayılar ortalamayı ve standart hatayı temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$).

Elde edilen bulgular (Özogul vd. 2022) tarafından bildirilen çalışma ile uyumlu bulunmuştur. Adı geçen çalışmada kimyon özütü, HDS’da bakteriyel büyümeyi engellemede en etkili olan özüt olarak belirlenirken *S. aureus* ve *P. aeruginosa*’nın büyümesini önemli ölçüde engellediği sonucuna varılmıştır. Çalışmada ayrıca, kırmızı biber ve karabiber özütleri tüm bakterilerin büyümesi üzerinde önemli bir etki göstermediği bildirilmiştir.

4.3.3. Ornitin dekarboksilaz sıvısında (ODS) mikrobiyal gelişim üzerine bitkisel özütlerin etkisi

Denemeler çerçevesinde dört farklı özütün farklı konsantrasyonlarının, patojen bakteri suşlarını (*E. faecalis*, *E. coli*, *K. pneumoniae*, *P. aeruginosa* ve *S. aureus*) inhibe etme kapasiteleri Çizelge 4.10’da gösterilmektedir. ODS’da %0.50 kekik ve kimyon özütü konsantrasyonunda tüm bakteri suşları tamamen inhibe edildiği belirlenirken aynı özütlerin özellikle %0.10 konsantrasyonda, *E. faecalis* ve *E. coli* için log kob sayılarını belirgin şekilde azalttığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte kekik ve kimyon *K. pneumoniae*’ye karşı tüm konsantrasyonlarda geniş bir etkinlik göstermektedir.

Çizelge 4.10. ODS'na inoküle edilen mikroorganizmalar üzerine bitkisel özütlerin etkisi (log kob/mL)

Özütler	Kon (%)	<i>E. faecalis</i>	<i>E. coli</i>	<i>K. pneumoniae</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>S. aureus</i>
Kontrol	0.00	7.56±0.42 ^a	9.38±0.53 ^a	7.25±0.32 ^b	9.44±0.53 ^a	7.17±0.45 ^a
Kekik	0.02	6.67±0.35 ^f	7.39±0.44 ^g	6.79±0.37 ^f	7.17±0.39 ^g	6.50±0.34 ^b
	0.10	2.28±0.15 ⁱ	2.87±0.17 ⁱ	4.10±0.27 ⁱ	3.47±0.25 ⁱ	1.81±0.09 ^f
	0.50	0.00±0.00 ^j	0.00±0.00 ^j	0.00±0.00 ^j	0.00±0.00 ^j	0.00±0.00 ^g
Kimyon	0.02	6.78±0.45 ^e	7.81±0.46 ^f	7.14±0.42 ^{bc}	8.65±0.44 ^d	7.09±0.35 ^a
	0.10	3.78±0.25 ^h	4.38±0.27 ^h	5.65±0.35 ^h	5.80±0.27 ^h	4.09±0.28 ^e
	0.50	0.00±0.00 ^j	0.00±0.00 ^j	0.00±0.00 ^j	0.00±0.00 ^j	0.00±0.00 ^g
Kara B.	0.02	7.38±0.49 ^b	9.09±0.54 ^b	7.12±0.45 ^{cd}	9.18±0.56 ^b	7.05±0.45 ^a
	0.10	6.90±0.38 ^d	8.74±0.43 ^c	6.75±0.33 ^f	8.76±0.39 ^c	6.52±0.36 ^b
	0.50	6.26±0.35 ^g	8.14±0.51 ^e	6.37±0.35 ^g	8.05±0.53 ^f	5.93±0.32 ^d
Kırmızı B.	0.02	7.43±0.47 ^b	9.18±0.55 ^b	7.37±0.38 ^a	9.21±0.61 ^b	7.04±0.49 ^a
	0.10	7.05±0.48 ^c	9.14±0.65 ^b	7.03±0.51 ^d	8.76±0.43 ^c	6.49±0.47 ^b
	0.50	6.74±0.43 ^{ef}	8.53±0.45 ^d	6.93±0.39 ^e	8.32±0.47 ^e	6.24±0.46 ^c

Tablodaki sayılar ortalamayı ve standart hatayı temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$).

K. pneumoniae ve *P. aeruginosa* test edilen özütlerle karşı göreceli olarak bir miktar direnç göstermiştir. *S. aureus*'ta ise tüm özütlerin konsantrasyonlarının artmasıyla birlikte kob'da tutarlı bir düşüş sergilemiştir. Genel olarak, kekik ve kimyon, düşük konsantrasyonlarda bakteriyel büyümeyi güçlü bir şekilde engelleyen etkileriyle dikkat çekmektedir, bununla birlikte karabiber ve kırmızı biber daha az ölçüde inhibisyon sağlamaktadır.

4.3.4. Lisin dekarboksilaz sıvısında (LDS) mikrobiyal gelişim üzerine bitkisel özütlerin etkisi

Çizelge 4.11'de verilen sonuçlarda dört farklı özütün farklı konsantrasyonlarının, patojen bakteri suşların (*E. faecalis*, *E. coli*, *K. pneumoniae*, *P. aeruginosa*, ve *S. aureus*) büyümesini inhibe etme kabiliyetleri sunulmaktadır. LDS'nda, %0.50 kekik ve kimyon özütü konsantrasyonunda tüm bakteri suşları tamamen inhibe edilmiştir (0.00 log kob/mL). Kekik ve kimyon özütlerinin özellikle %0.10 konsantrasyonda, *E. faecalis* ve *E. coli* için log kob/mL sayılarını belirgin şekilde azalttığını göstermektedir. Bu etkiler sırasıyla 2.15 ve 3.70 kob ve *E. coli* için 2.65 ve 4.96 log kob/mL olarak ölçülmüştür. Kekik ve kimyon ayrıca *K. pneumoniae*'ye karşı tüm konsantrasyonlarda geniş bir etkinlik göstermektedir. *K. pneumoniae* ve *P. aeruginosa* özütleri bir miktar direnç göstermektedir, ancak daha düşük konsantrasyonlarda (%0.02) bile log kob/mL sayılarını azaltmayı başarmıştır. *S. aureus*, tüm özütlerin konsantrasyonlarının artmasıyla birlikte bakteri tutarlı bir düşüş sergilemiştir. Genel olarak, kekik ve kimyon, test edilen

tüm konsantrasyonlarda bakteriyel büyümeyi güçlü bir şekilde engellerken, karabiber ve kırmızı biber daha az ölçüde inhibisyon sağladığı sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.11. LDS’na inoküle edilen mikroorganizmalar üzerine bitkisel özütlerin etkisi (log kob/mL)

Özütler	Kon (%)	<i>E. faecalis</i>	<i>E. coli</i>	<i>K. pneumoniae</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>S. aureus</i>
Kontrol	0.00	7.63±0.42 ^a	9.51±0.54 ^a	9.82±0.59 ^a	9.33±0.64 ^a	7.45±0.48 ^a
Kekik	0.02	7.22±0.44 ^c	8.23±0.48 ^g	9.02±0.63 ^d	7.99±0.43 ^f	6.67±0.34 ^d
	0.10	2.15±0.11 ^h	2.65±0.13 ^j	4.09±0.24 ^j	3.21±0.14 ^h	1.73±0.09 ⁱ
	0.50	0.00±0.00 ⁱ	0.00±0.00 ^k	0.00±0.00 ^k	0.00±0.00 ⁱ	0.00±0.00 ^j
Kimyon	0.02	7.33±0.43 ^b	8.36±0.49 ^f	9.06±0.64 ^d	8.39±0.44 ^{de}	7.28±0.34 ^b
	0.10	3.70±0.17 ^g	4.96±0.36 ⁱ	5.55±0.33 ⁱ	5.49±0.34 ^g	4.36±0.23 ^h
	0.50	0.00±0.00 ⁱ	0.00±0.00 ^k	0.00±0.00 ^k	0.00±0.00 ⁱ	0.00±0.00 ^j
Kara B.	0.02	7.38±0.46 ^b	9.09±0.64 ^c	9.33±0.59 ^c	9.06±0.56 ^b	7.10±0.47 ^c
	0.10	7.00±0.34 ^d	8.72±0.51 ^e	8.83±0.47 ^f	8.72±0.49 ^c	6.75±0.44 ^d
	0.50	6.45±0.36 ^f	7.95±0.41 ^h	8.23±0.47 ^h	7.97±0.34 ^f	6.09±0.38 ^g
Kırmızı B.	0.02	7.37±0.34 ^b	9.27±0.57 ^b	9.61±0.54 ^b	9.08±0.49 ^b	7.14±0.44 ^c
	0.10	7.05±0.54 ^d	8.94±0.49 ^d	8.93±0.44 ^e	8.45±0.42 ^d	6.54±0.34 ^e
	0.50	6.83±0.39 ^e	8.65±0.43 ^e	8.52±0.45 ^g	8.33±0.49 ^e	6.41±0.37 ^f

Tablodaki sayılar ortalamayı ve standart hatayı temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$).

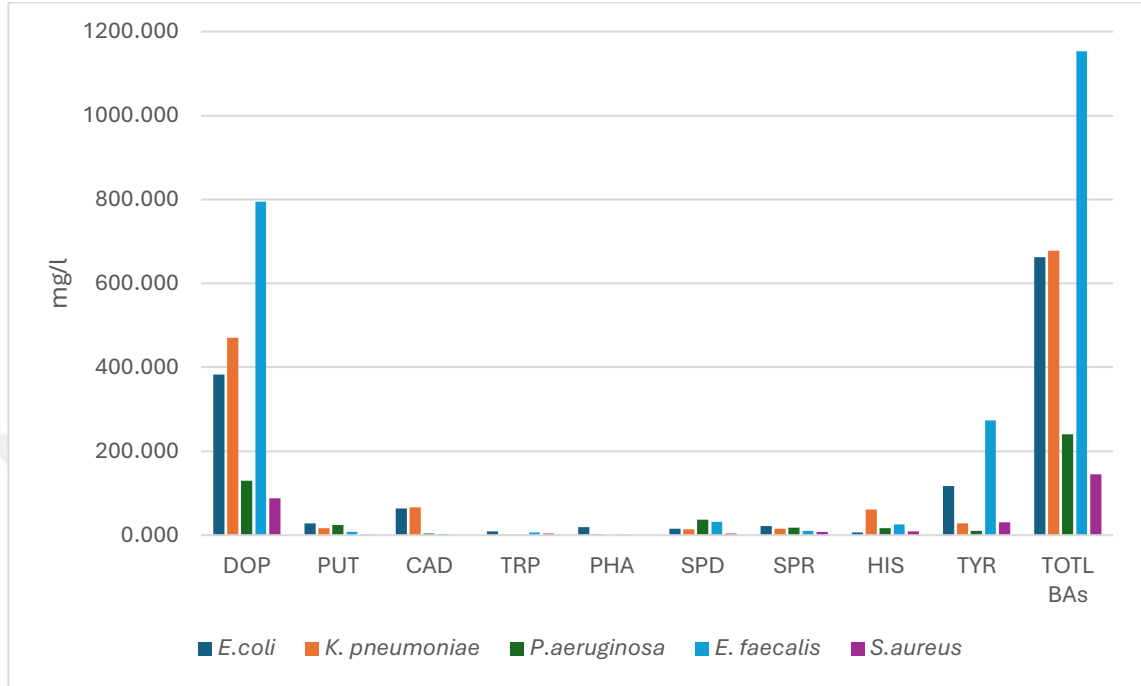
Karabiber ve kırmızıbiber özütlerinden elde edilen sonuçların daha az etki göstermesi literatürde belirtilen çalışmalarla uyum içinde bulunmuştur. (Milenković ve Stanojević 2021; Reddy vd. 2004) tarafından bildirilen çalışmalarda dietil eter özütlerinin antimikrobiyal ajanlar olarak etkisiz olduğu bildirilmiştir.

4.4. Dekarboksilaz Sıvılarına İnoküle Edilen Mikroorganizmaların Biyojen Amin Oluşumu Üzerine Etkileri

4.4.1. TDS’na inoküle edilen mikroorganizmaların biyojen amin oluşumu üzerine etkileri

Şekil 4.9’da, farklı bakteri suşlarının TDS’da BA’lerin üretimi üzerine etkileri sunulmaktadır. İlgili grafikte *E. faecalis*, özellikle 794.90 mg/l DOP, 273.21 mg/l TYR ve 1153.88 mg/l toplam BA üretimi ile en yüksek düzeyde BA oluşumuna neden olan mikroorganizma olmuştur. *K. pneumoniae* ise 470.84 mg/l DOP ve 677.78 mg/l toplam BA oluşumu ile 2. sırada yer almaktadır. Toplam BA oluşumunda 3. sırada etkili olan *E. coli* ise özellikle DOP 382.33 mg/l, TYR 117.22 mg/l ve diğer suşlara kıyasla yüksek miktarda CAD oluşumuna (63.83 mg/l) neden olmuştur. *P. aeruginosa* ise genel olarak daha düşük seviyelerde BA üretimine katkı sağlasa da, özellikle SPD oluşumuna en

yüksek düzeyde neden olan mikroorganizma olmuştur. *S. aureus* ise incelenen mikroorganizmalar içinde genel BA üretiminde en düşük düzeyde katkı sağlayan mikroorganizma olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.9. TDS’da bakteriler tarafından biyojen amin üretimi

E. coli suşları, TDS’da en yüksek toplam BA miktarını üretmişlerdir. Bu suşların ayrıca PUT, CAD, PHEN ve SPR’in en yüksek konsantrasyonlarını üretimine katkı sağlamış olup tespit edilen bu sonuç *E. coli*’nin BA üretimi konusunda literatürde yer alan potansiyel olarak en toksik suş olduğu bulgusu ile uyum içinde bulunmuştur (Özogul vd. 2018). Özogul vd. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, bazı mikroorganizmaların TDS’da BA oluşturma kapasitesi incelenmiştir. Bu çalışmada, *E. coli*, *K. pneumoniae*, *E. faecalis*, *P. aeruginosa* ve *S. aureus*’un çok düşük seviyelerde HIS (<4 mg/L) ve düşük ile orta seviyelerde SPD, SPR ve PHEN ürettiğini göstermiştir. Buna birlikte, *E. coli*, diğer gram negatif bakterilere kıyasla daha fazla TYR üretmiştir. Gram negatif bakteriler arasında, *K. pneumoniae* en düşük HIS ve TYR üreticisi olarak tanımlanmıştır (Özogul vd. 2018).

Özogul vd. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, TDS’da *E. faecalis* 0.89 mg/L gibi düşük bir seviyede PUT üretirken, *S. aureus* ile PUT üretimi en yüksek seviyede (139 mg/L) olmuştur. Bu sonuçlar, çalışmamızda elde edilen sonuçlardan farklıdır; çalışmamızda *E. faecalis* 7.38 mg/L seviyesinde PUT üretmişken, PUT üretimi *S. aureus* ile en düşük seviyede (0.85 mg/L) bulunmuştur. Elde edilen bu sonuç, bakterilerin farklı suşlar olmasına bağlanmıştır.

Engesser (1990) tarafından yapılan bir çalışmada, *E. faecalis*’in TDS’da yüksek düzeyde TYR (526 mg/l) ürettiği belirtilmiştir. Aynı çalışmada, *E. faecalis*’in iyi bir TYR üreticisi olarak tanımlandığı bu çalışmada, *K. pneumoniae*’nin ise orta düzeyde TYR üreticisi olarak tanımlandığı ifade edilmiştir. Öte yandan, Portekiz’deki vakumlu

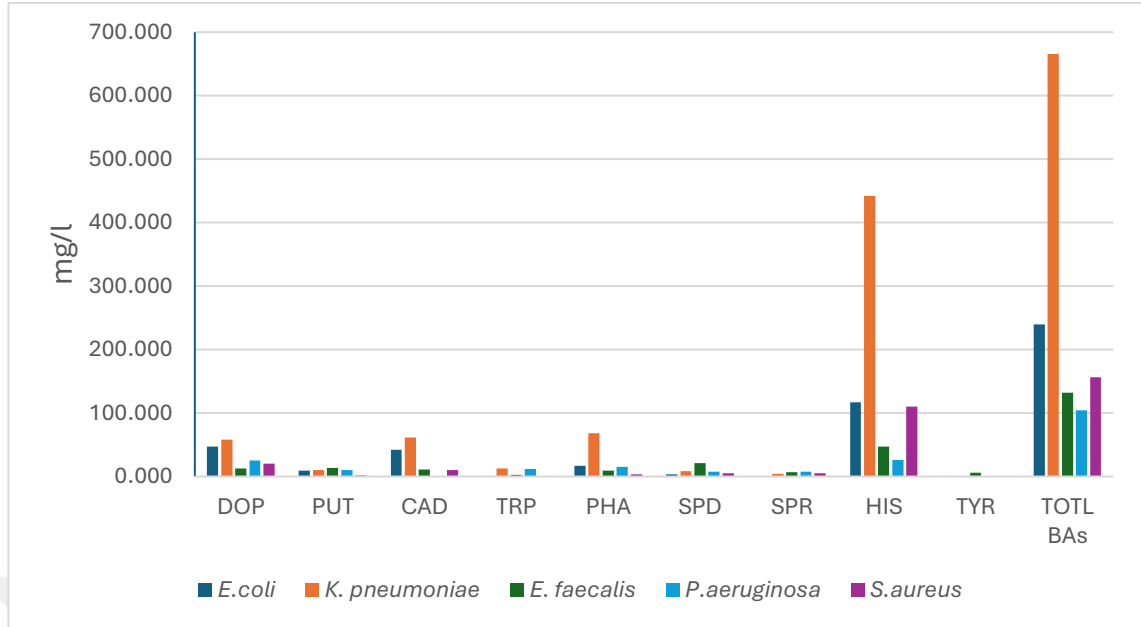
ambalajlı soğuk dumanlanmış balıklardan elde edilen *Pseudomonas* türleri, yüksek düzeyde HIS üreticileri olarak belirlenmiştir (da Silva vd. 2002). Özogul ve Özogul (2007) tarafından bildirilen bir çalışmada ise, *K. pneumoniae*'nin farklı suşlarının farklı miktarda HIS ürettiği rapor edilmiştir. Bu bağlamda, *K. pneumoniae* suşu (673) HDS'da >3400 mg/l HIS oluşmuş, diğer taraftan *E. faecalis*, *K. pneumoniae* (8152) ve *K. pneumoniae* (2122) ise <10 mg/l HIS üretmişlerdir. PUT ve CAD üretimine gelince, test edilen suşlar TDS'da düşük ile orta düzeyde üretim göstermişlerdir.

Kuley ve Özogul (2011) çalışmalarında, TDS'da *E. faecalis* için toplam BA oluşumunu 884 mg/l olarak rapor etmişlerdir. Bu sonuçlar, çalışmamızda elde edilen *E. faecalis* yüksek düzeyde BA üretildiği bulgusu ile uyum içindedir. Diğer bir çalışmada, *E. faecalis* ana Gram-pozitif üretici olarak bildirilmekte olup, *S. aureus*'un SPD, TRP veya HIS üretme yeteneğinin olmadığı vurgulanmaktadır. (Özogul vd. 2018). Bildirilen bu verilerin, tez çalışmasında *E. faecalis* yüksek amin üretme kapasitesine sahipken, *S. aureus* TDS'da çok düşük amin üretim kapasitesine sahip olduğu bulgusu ile uyum içinde olduğu sonucuna varılmıştır.

4.4.2. HDS'na inoküle edilen mikroorganizmaların biyojen amin oluşumu üzerine etkileri

Şekil 4.10'da, çeşitli bakteri suşlarının HDS'da BA üretimi üzerine potansiyel etkileri gösterilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre, *K. pneumoniae* yüksek seviyelerde HIS (441.92 mg/l), DOP (58.08 mg/l), CAD (61.42 mg/l), PHEN (68.26 mg/l) ve en yüksek toplam BA (665.75 mg/l) üretimine katkı sağlamıştır. Ayrıca *E. coli* ve *S. aureus* önemli miktarda HIS üretebilme yeteneği göstermiştir (sırasıyla 117.30 ve 110.21 mg/l). *E. faecalis* genel olarak orta düzeyde bir üretim gösterirken, en yüksek düzeyde oluşturduğu BA olan HIS 46.94 mg/l olarak ölçülmüş ve toplam BA miktarı ise 131.62 mg/l olarak belirlenmiştir. HDS'da en düşük düzeyde HIS üretimi 26.37 mg/l ile *P. aeruginosa* tarafından gerçekleştirilmiş olup, bu mikroorganizmanın toplam BA miktarına etkisi 104.30 mg/l olarak tespit edilmiştir.

Elde edilen bulgulara göre, *E. coli*, *K. pneumoniae*, *P. aeruginosa*, *S. aureus* ve *E. faecalis* gibi bakterilerin HDS'da sadece HIS değil diğer BA'lerin üretimine de yol açtığı görülmektedir. Tespit edilen bu durum HDS bileşenlerinde bulunan ve HIS gibi diğer BA'lerin öncüsü olan etin ilgili çözeltilerin hazırlanmasında kullanılan besi yeri (Lab-Lemco besi yeri) bileşiminde bulunması olarak açıklanmaktadır. kaynaklıdır (Gokdogan vd. 2012).

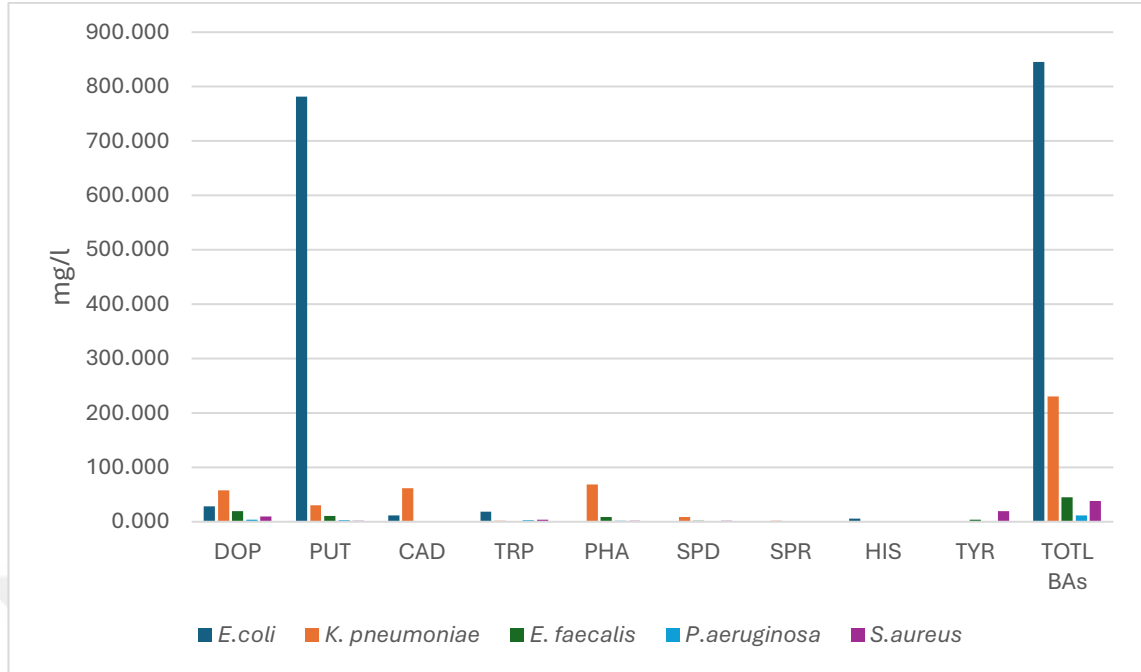


Şekil 4.10. HDS’da bakteriler tarafından biyojen amin üretimi

Gokdogan vd. (2012) tarafından yapılan bir çalışmada, HDS’da *E. faecalis* ve *S. aureus*’un düşük düzeylerde HIS (<0.50 mg/l), CAD (<4 mg/l) ve TYR (<5 mg/l) üretildiği bildirilmiştir. Aynı çalışmada, HDS’da *E. faecalis* TDS’daki BA’lerin üretim seviyelerinden daha düşük konsantrasyonlarda üretimine yol açmıştır. Bu açıdan, tez çalışmasında elde edilen *E. faecalis*’in TDS’da HDS’da daha fazla toplam BA ürettiği bulgusu literatürde bildirilen sonuçlarla uyumlu olarak bulunmuştur.

4.4.3. ODS’na inoküle edilen mikroorganizmaların biyojen amin oluşumu üzerine etkileri

Çalışmalar kapsamında test edilen mikroorganizmaların ODS’da BA üretimi üzerine etkileri Şekil 4.11’de gösterilmektedir. İlgili grafiğe göre, *E. coli*’nin yüksek düzeyde PUT (781.17 mg/l) ve orta düzeyde DOP ve TRP ürettiği görülmektedir. *K. pneumoniae*, CAD (61.42 mg/l) ve PUT (30.49 mg/l) üretiminde orta düzeyde performans göstermiş ve toplam BA miktarı 229.99 mg/l’ye ulaşmıştır. *E. faecalis* ise CAD, SPR ve HIS üretememesine rağmen, düşük miktarlarda ürettiği DOP, PUT ve PHEN sayesinde toplam BA miktarı 45.42 mg/l olarak ölçülmüştür. *P. aeruginosa* ve *S. aureus* benzer şekilde düşük seviyelerde BA üretimleri gösterirken, bu mikroorganizmalar sırasıyla en yüksek düzeyde DOP (3.96 mg/l) ve TYR (19.34 mg/l) üretimine neden olmuşlardır.



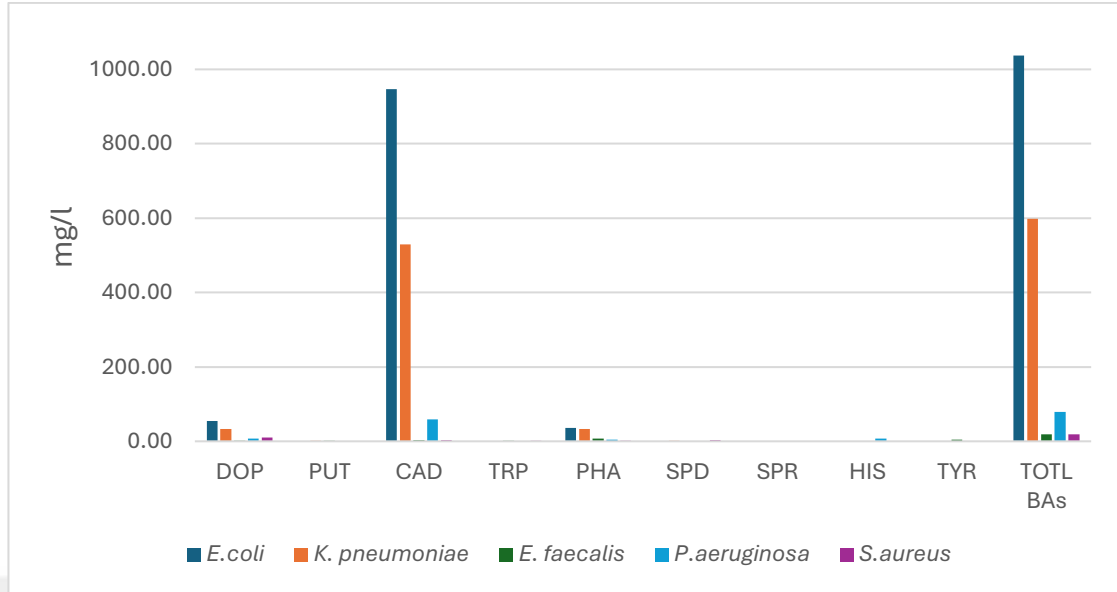
Şekil 4.11. ODS’da bakteriler tarafından biyojen amin üretimi

Çeşitli çalışmalarda, *E. faecalis* suşlarının birçok koşulda PUT üretme yeteneği gösterilmiştir (Ladero vd. 2012; Llácer vd. 2007). Ancak, tez çalışması kapsamında elde edilen sonuçlar, *E. faecalis*’in PUT üretme kapasitesinin *E. coli*’ye kıyasla düşük olduğunu göstermektedir. Bazı BA’lerin aşırı üretimi, dekarboksilaz sıvısı içeriğinde yer alan diğer besin maddeleri (pepton ve Lab-Lemco tozu gibi) bileşimlerindeki ornitin ve diğer amino asitler gibi öncül maddelerin varlığına dayandırılabilir (Ozogul vd. 2015).

Ozogul vd. (2015) tarafından bildirilen bir çalışmada, bazı bakterilerin ODS’da BA üretme yetenekleri belirlenmiştir. Bu çalışmanın sonucunda *E. coli*’nin PUT üretiminde yüksek üretim kapasitesine ve CAD üretiminde ise orta seviyede kapasiteye sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Bu sonuçlar, çalışmamızda elde edilen bulgularla uyumlu olarak bulunmuştur.

4.4.4. LDS’na inoküle edilen mikroorganizmaların biyojen amin oluşumu üzerine etkileri

Şekil 4.12’de, çeşitli bakteri suşlarının LDS’da BA üretimi gösterilmektedir. Elde edilen bulgulara göre, *E. coli*’nin yüksek düzeyde CAD (946.42 mg/l) ürettiği ve orta düzeyde DOP ve PHEN (sırasıyla 55.08 ve 35.35 mg/l) ürettiği gösterilmiştir. *K. Pneumoniae* ise CAD 529.80 mg/l düzeyinde bir üretime katkı sağlamıştır. *E. faecalis* çoğu BA’de düşük seviyelerde bir üretim gerçekleştirmekle birlikte, 19.46 mg/l’lik düşük bir toplam BA değerine ulaşılmıştır. *P. aeruginosa*, düşük HIS (7.83 mg/l) ve orta düzeyde CAD üretti (59.03 mg/l) tespit edilmiştir. *S. aureus* tüm BA’lerde olmak üzere çok düşük üretim yeteneği göstermiştir.



Şekil 4.12. LDS’da bakteriler tarafından biyojen amin üretimi

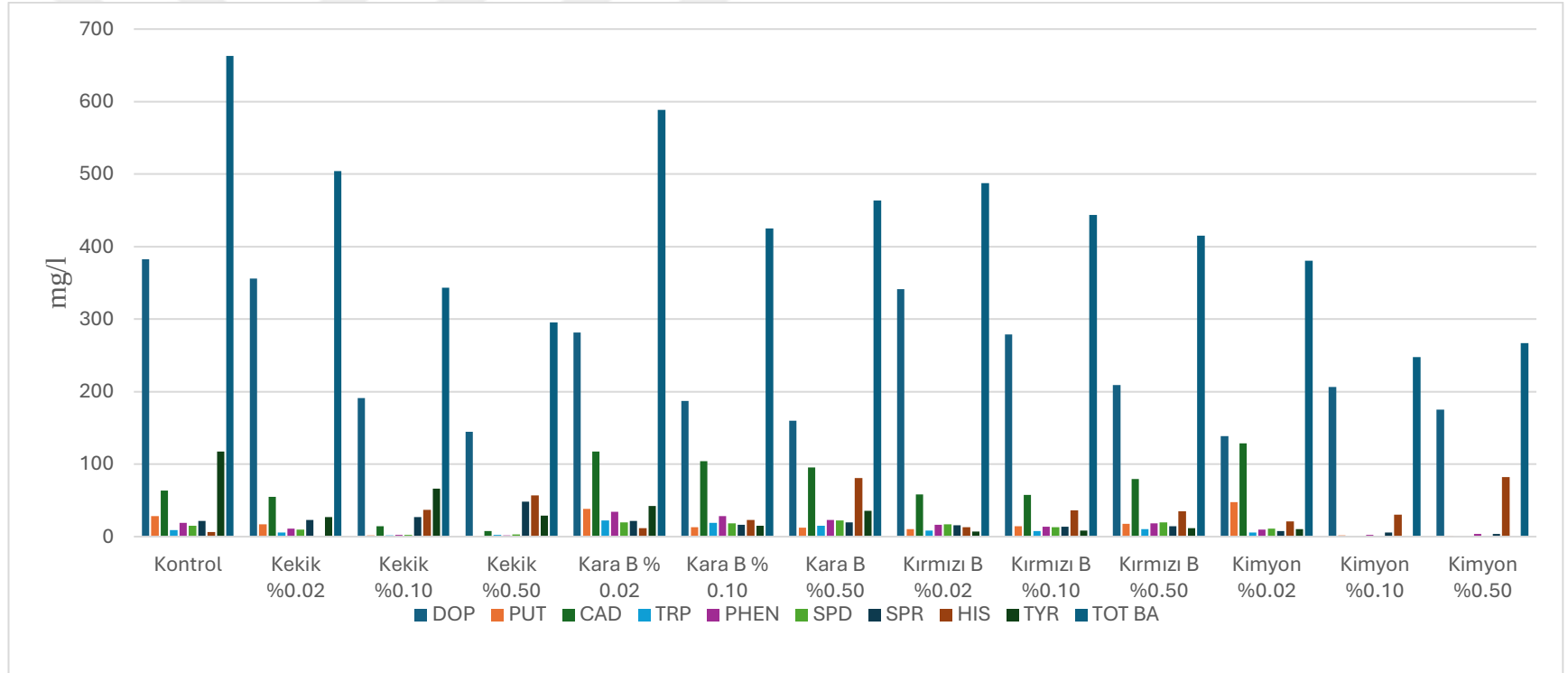
E. coli, *K. pneumoniae*, *P. aeruginosa*, *S. aureus* ve *E. faecalis* gibi bakterilerin LDS’da sadece CAD değil, çeşitli BA’lerin de üretilebileceği literatürde bildirilmektedir (Gokdogan vd. 2012). Belirtilen BA harici diğer BA’lerin tespit edilmesi biyodegradasyon yoluna ve ortamda bulunan diğer besin maddeleri (pepton ve Lab-Lemco tozu gibi) içinde ornitin ve diğer amino asitler gibi öncül maddelerin varlığına bağlanmıştır (Ozogul vd. 2015).

Özogul vd. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada, bazı bakterilerin LDS’da BA üretme yetenekleri belirlenmiştir. Bu çalışmanın sonucunda, *E. coli*’nin CAD (278.24 mg/l) ve DOP üretiminde en yüksek üretim kapasitesine sahip olduğunu gösterilmiştir. *S. aureus*, *K. pneumoniae* ve *P. aeruginosa* ise daha düşük miktarlarda CAD üretmiştir. Bu sonuçlar, çalışmamızda elde edilen bulgularla uyumludur.

4.5. Dekarboksilaz Sıvılarında Mikroorganizmalar Tarafından Oluşan Biyojen Aminler Üzerine Bitkisel Özütlerin Etkileri

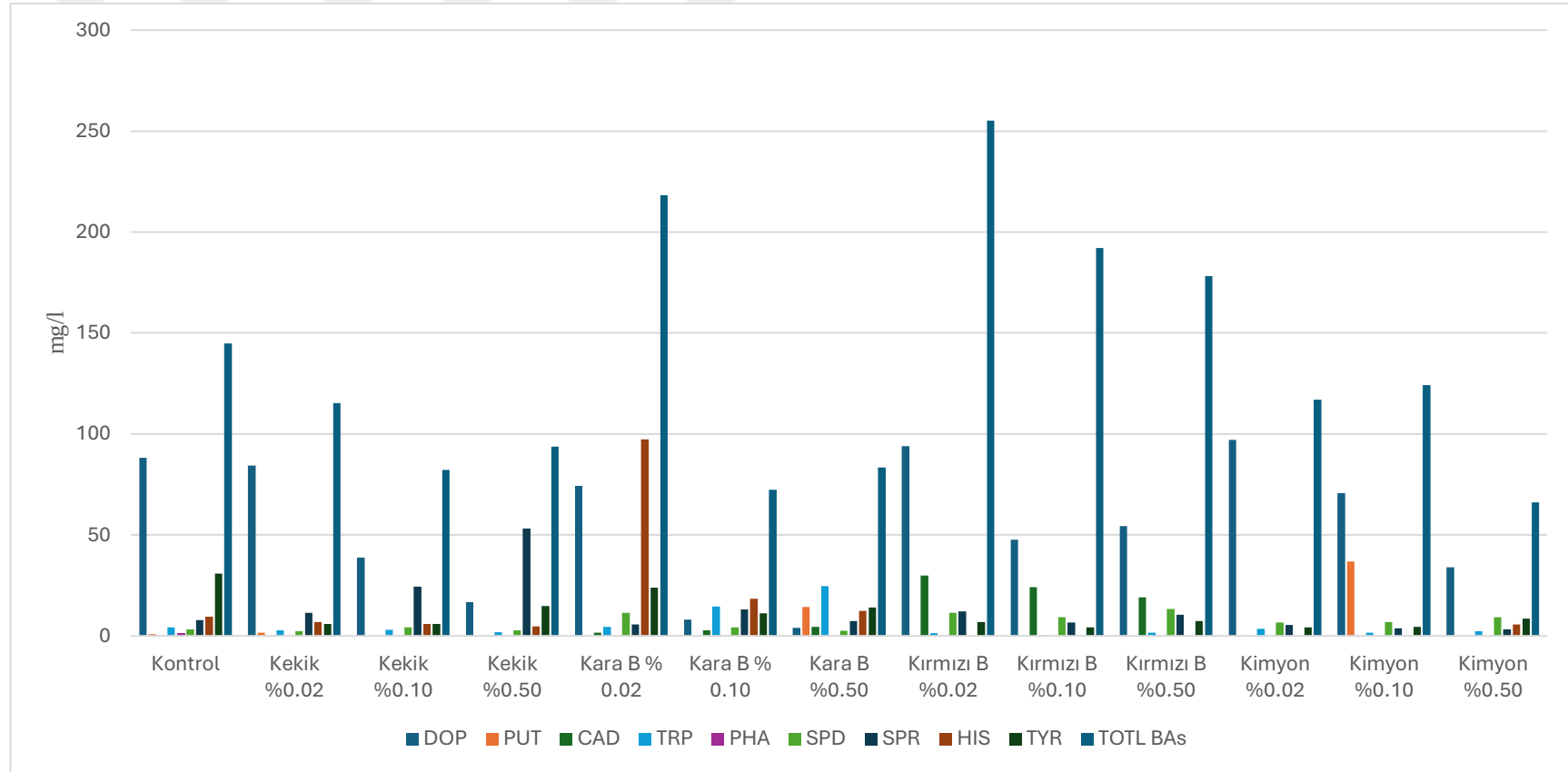
4.5.1. TDS’nda mikroorganizmalar tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri

Tez çalışması kapsamında *E. coli*, *S. aureus*, *E. faecalis*, *P. aeruginosa* ve *K. pneumoniae* tarafından BA üretimi üzerine dört farklı bitki özütünün (kekik, karabiber, kırmızıbiber ve kimyon) değişen konsantrasyonlardaki etkileri incelenmiştir. Çalışma, bu özütlerin farklı bakteri suşları üzerindeki inhibe edici ve uyarıcı etkileri hakkında önemli bulgular ortaya koymuş olup elde edilen bulgular Şekil 4.13, 4.14, 4.15, 4.16 ve 4.17’de sunulmaktadır.



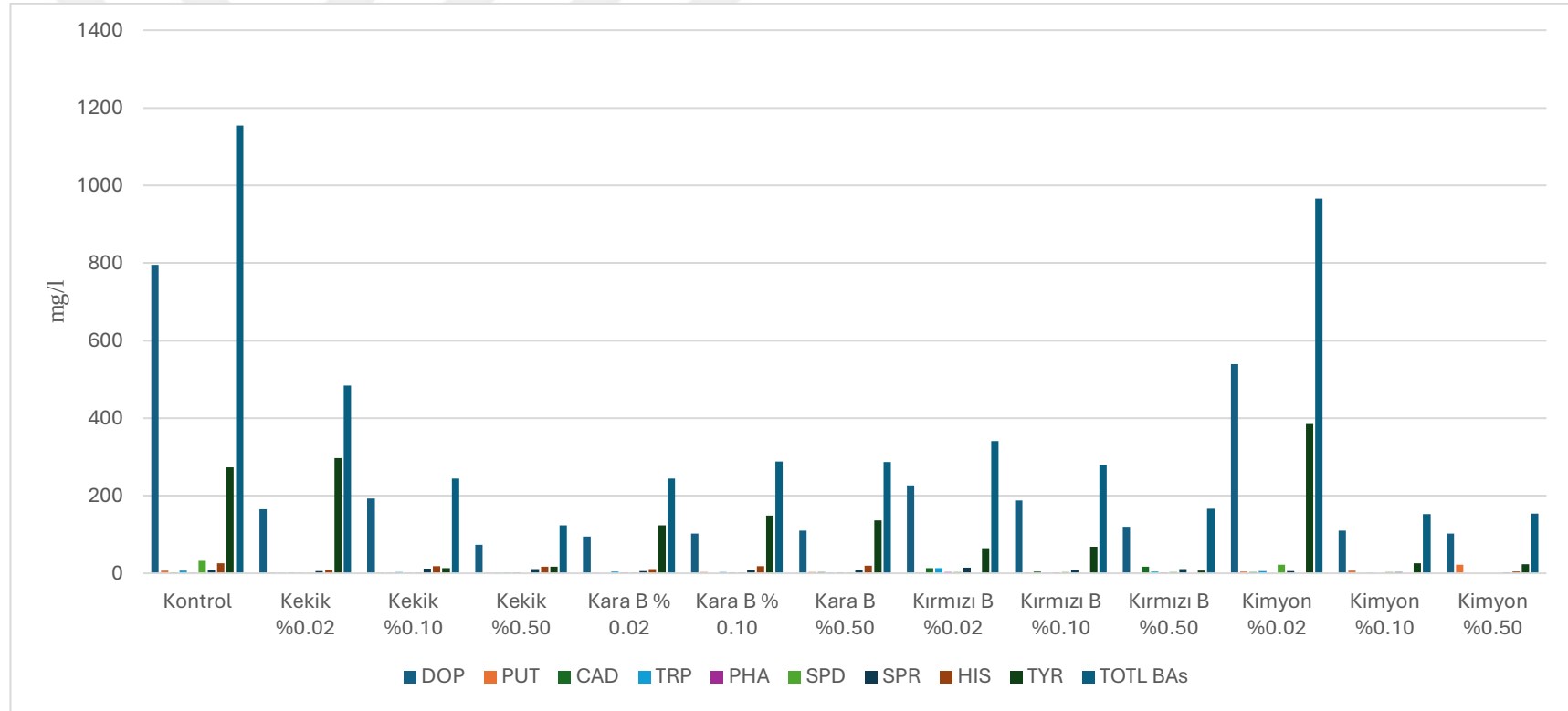
Şekil 4.13. TDS’nda E. coli tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)

DOP: dopamin, PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHEN: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT BA: toplam biyojen aminler



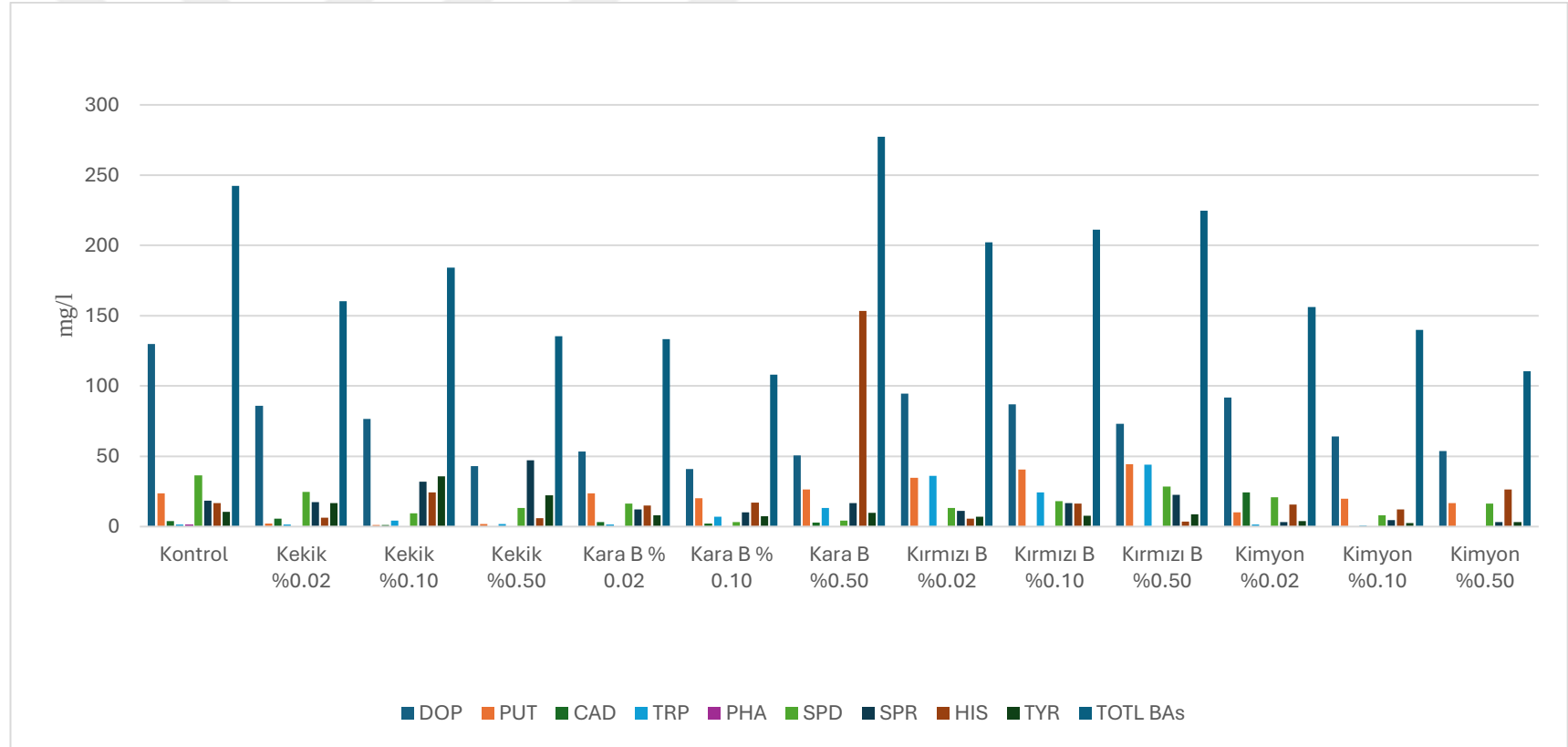
Şekil 4.14. TDS’nda *S. aureus* tarafından oluşan biyogen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)

DOP: dopamin, PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHEN: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT BA: toplam biyogen aminler



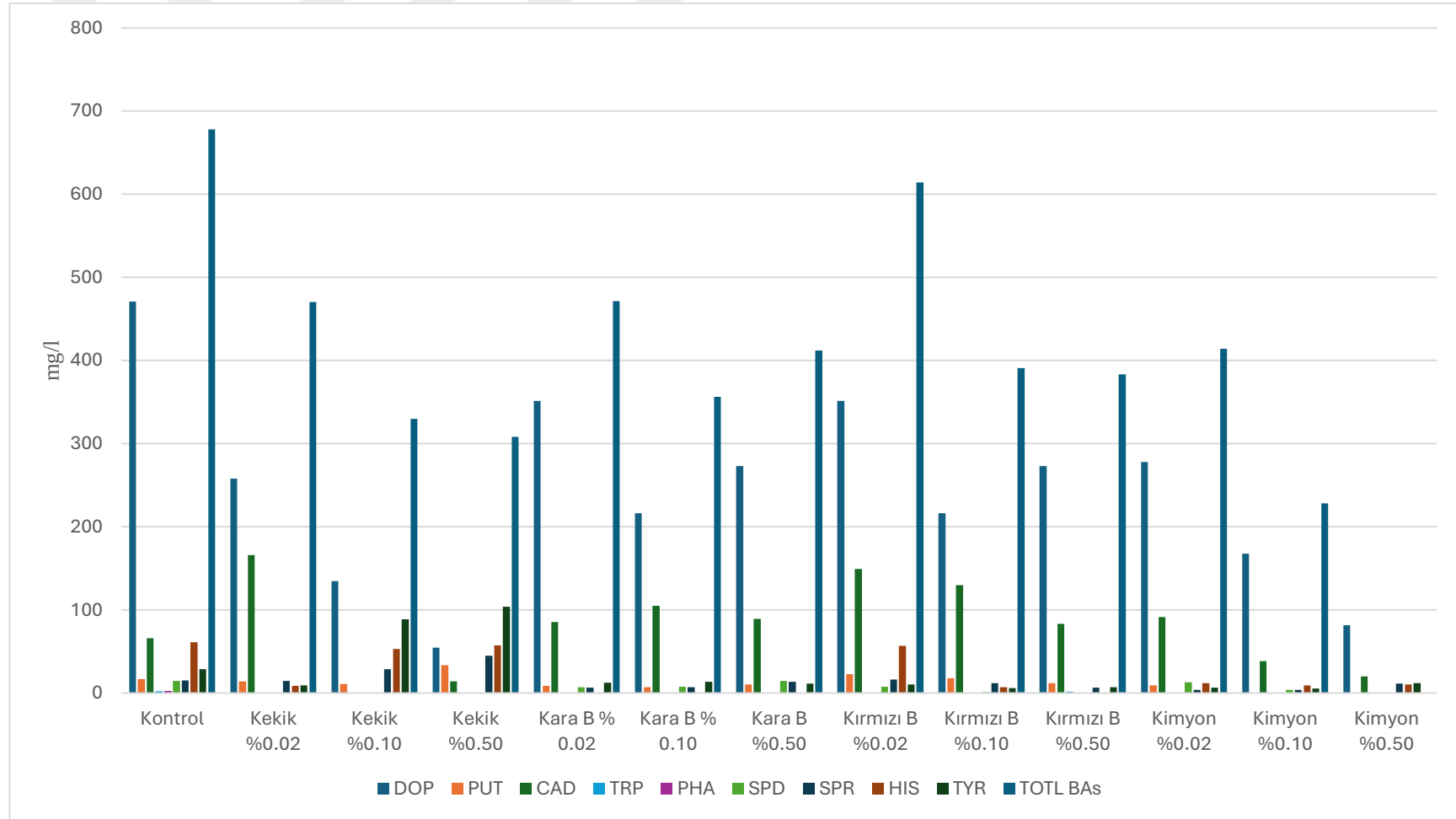
Şekil 4.15. TDS’nda *E. faecalis* tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)

DOP: dopamin, PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHEN: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT BA: toplam biyojen aminler.



Şekil 4.16. TDS’nda *P. areugenase* tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)

DOP: dopamin, PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHEN: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT BA: toplam biyojen aminler



Şekil 4.17. TDS’nda *K. pneumoniae* tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)

DOP: dopamin, PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHEN: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT BA: toplam biyojen aminler

E. coli mikroorganizmasına ait (Şekil 4.13) kontrol grubu incelendiğinde önemli düzeyde BA'lerin üretildiği gözlemlenmekte olup, bu açıdan DOP 382.33 mg/l, TYR 117.22 mg/l, CAD 63.839 mg/l ve PUT 28.28 mg/l ile toplam BA konsantrasyonu 662.66 mg/l ön plana çıkmaktadır. Oluşan BA'lerin inhibisyonu bağlamında kekik özütü, DOP, PUT, CAD ve TYR'de özellikle %0.1 ve %0.5 konsantrasyonlarında önemli ve güçlü derecede inhibe edici bir etki göstermiştir. Buna karşılık, karabiber özütü, özellikle %0.5 konsantrasyonda BA oluşumunu belirgin şekilde uyararak, HIS seviyesini 80.76 mg/l'ye yükseltmiş ve ayrıca toplam BA düzeyinde 463.55 mg/l ile ulaşılmıştır. Kırmızıbiber özütü, düşük konsantrasyonlarda, PUT, CAD, TRP ve PHEN inhibe edici, tüm düzeyinde ise HIS üretimini uyarıcı karışık bir etki göstermiştir. Kimyon özütü, tüm konsantrasyonlarda önemli bir inhibe edici etki göstererek, özellikle TYR'i azaltmış ve %0.5 konsantrasyonunda en düşük toplam BA 267.14 mg/l ile elde edilmesine yol açmıştır.

S. aureus için, kontrolde özellikle DOP (88.09 mg/l), TYR (30.39 mg/l) ve HIS (9.48 mg/l) olmak üzere orta düzeyde BA seviyeleri gözlemlenmiş ve toplam BA 144.75 mg/l olarak belirlenmiştir (Şekil 4.14). Kekik özütü, özellikle %0.1 konsantrasyonda amin oluşumunu önemli bir şekilde inhibe ederek, toplam BA düzeyini önemli ölçüde 82.20 mg/l'ye düşürmüştür. Karabiber özütü, düşük konsantrasyonlarda inhibe edici ve %0.5'te TRP'i uyarıcı karışık bir etki göstermiştir. Kırmızıbiber özütü, tüm konsantrasyonlarda BA oluşumunu uyararak, özellikle CAD ve SPD'i artırmıştır. Kimyon özütü ise, DOP, HIS ve TYR'i azaltarak önemli derecede inhibe edici bir etki sergilemiştir.

E. faecalis için, kontrol grubu özellikle DOP (794.90 mg/l), TYR (273.21 mg/l) ve HIS (25.79 mg/l) olmak üzere yüksek BA seviyeleri sergilemiş ve toplam BA 1153.88 mg/l olarak tespit edilmiştir. Kekik özütü tüm düzeylerinde, özellikle %0.5 konsantrasyonda amin oluşumunu önemli ölçüde inhibe ederek, toplam BA 124.14 mg/l'ye düşürmüştür. Karabiber özütü, tüm düzeylerinde özellikle DOP, HIS ve TYR üretimini inhibe ederek, önemli bir inhibe edici etki göstermiştir. Kırmızıbiber özütü, BA oluşumunu uyararak, özellikle PUT, HIS ve TYR'in önemli ölçüde inhibe etmiştir. Kimyon özütü %0.1 ve %0.5 konsantrasyonlarda, özellikle DOP, HIS, TYR ve toplam BA'lerin azaltarak önemli bir inhibe edici etki sergilemiştir (Şekil 4.15).

P. aeruginosa için, kontrolde özellikle DOP (129.81 mg/l), SPD (36.43 mg/l) ve PUT (23.68 mg/l) olmak üzere önemli BA üretimi gözlemlenmiş ve toplam BA 242.20 mg/l olarak belirlenmiştir (Şekil 4.16). Kekik özütü, özellikle %0.5 konsantrasyonda amin oluşumunu belirgin şekilde inhibe ederek, toplam BA önemli ölçüde 135.34 mg/l'ye düşürmüştür. Karabiber özütü, düşük konsantrasyonlarda inhibe edici ve %0.5'te HIS (153.47 mg/l) ve toplam BA (277.39 mg/l) miktarını artırıcı bir etki göstermiştir. Kırmızıbiber özütü, özellikle TRP üretimini uyararak çeşitli etkiler sergilemiştir. Kimyon özütü ise, DOP, PUT ve TYR'i azaltarak önemli derecede inhibe edici bir etki sergilemiştir.

Klebsiella pneumoniae için, özellikle DOP (470.84 mg/l), HIS (61.34 mg/l) ve CAD (66.05 mg/l) olmak üzere önemli BA seviyeleri gözlemlenmiş ve toplam BA 677.78 mg/l olarak katkıda bulunmuştur (Şekil 4.17). Kekik özütü, özellikle DOP ve CAD'i azaltarak amin oluşumunu önemli ölçüde inhibe etmiştir. Karabiber özütü, HIS üretimini tamamen inhibe etme yeteneğini belirgin şekilde göstermiştir. Kırmızıbiber özütü, CAD'i

belirgin şekilde uyarak etki göstermiştir. Kimyon özütü, özellikle DOP ve HIS'i azaltarak yüksek inhibe edici bir etki sergilemiştir. Bu sonuçlar, kekik, karabiber, kırmızıbiber ve kimyon özütlerinin farklı bakteri suşları tarafından BA üretimi üzerindeki çeşitli etkilerini vurgulamakta ve gıda güvenliği ve kalitesini modüle etmede, gıda ürünlerinde BA oluşumunun kontrolü yoluyla halk sağlığının korunmasına katkılar sağlamaktadır. Çalışmada BA'leri inhibe etmede en etkili bulunan kekik özütü literatürde çeşitli araştırmalarda da vurgulanmaktadır. Sardalya dilimlerinde BA oluşumu üzerine kekik yağının etkisi üzerine bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda, kekik yağının, sardalya dilimi örneklerinde BA oluşumunu belirgin şekilde baskıladığını göstermiştir. Depolamanın 35. gününe kadar, BA içerikleri kontrol örneklerine göre yaklaşık on kat daha düşük ölçülmüştür (Křížek vd. 2018). Kekik özütünün BA oluşumu üzerindeki etkisinin anlamlı olması bu çalışmanın sonuçlarından elde ettiğimiz sonuçları desteklemektedir.

Karvakrolün BA üretimi üzerindeki etkisi incelemek için gerçekleştirilen bir çalışmada kullanılan karvakrol seviyelerine ve spesifik bakteri suşlarına bağlı olarak inhibisyon düzeyleri değişmiş olup bu maddenin Gram-pozitif ve Gram-negatif bakterilere karşı farklı şekilde etki gösterdiği bildirilmiştir (Dorman ve Deans 2000). Yapılan diğer bir çalışmada, TYR üretimi dışında, karvakrolün Gram-pozitif *E. faecalis* tarafından BA üretimi üzerinde herhangi bir inhibitör etkisi olmadığı bulunmuştur. Ayrıca %1 seviyesindeki karvakrol, çoğu Gram-negatif ve Gram-pozitif bakteri tarafından BA üretimini anlamlı derecede azaltmıştır ((Özogul vd. 2015). Aynı çalışmada, *K. pneumoniae* ve *S. aureus* tarafından PUT üretimi, %0.5 ve %1 karvakrol varlığında kontrol grubuna göre önemli düzeyde düşük bulunmuştur. Ancak, *E. faecalis* karvakrol varlığında daha yüksek miktarda PUT ve CAD oluşumuna neden olmuştur. *E. faecalis* hariç bakteriler tarafından SPR ve SPM birikimi de %1 karvakrol varlığında azalmıştır. Bakteriler tarafından TYR üretimi, %0.5 ve %1 karvakrol ilavesiyle önemli ölçüde baskılanırken, *E. faecalis* ve diğer tüm Enterobacteriaceae türlerinde %0.1 karvakrol ile TYR oluşumunda herhangi bir inhibisyon gözlenmemiştir. *E. coli* ve *S. aureus* tarafından TYR oluşumunda önemli ölçüde inhibisyon %0.5 ve %1 karvakrol ile gözlemlenmiştir (Özogul vd. 2015). Elde ettiğimiz sonuçlar, kekik bakterilere karşı, özellikle *E. faecalis*'te BA'lerin oluşumu üzerinde güçlü bir inhibitör etkiye sahip olduğunu ve çoğu BA oluşumunda önemli bir azalma olduğunu göstermiştir. Burt (2004) tarafından yapılan bir incelemede ise kekik esansiyel yağının antibakteriyel özellikleri ve gıdalarda potansiyel uygulamaları araştırılmış ve güçlü antimikrobiyal özellikleri üzerinde durulmuştur. Ayrıca, Tepe vd. (2004) tarafından yapılan bir çalışmada, *Origanum acutidens*'in esansiyel yağı ve çeşitli özütlerinin *in-vitro* antioksidan, antimikrobiyal ve antiviral aktiviteleri üzerine tespit edilen sonuçlar tez çalışması ile uyumlu bulunmuştur.

Özogul vd. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, kimyon ekstraktının en güçlü antibakteriyel özelliklere sahip olduğu gösterilmiştir. Kimyon ekstraktı ayrıca HDS'da gıda kaynaklı patojenlerin büyümesini engellemede ve bakteriyel oluşumu önlemede etkili olmuştur. Bildirilen bu sonuçlar, tez çalışması kapsamında farklı konsantrasyonlardaki kimyon ekstraktının test edilen bakteriler tarafından üretilen BA'leri azaltma kapasitesinin yüksek olduğu bulgusu ile uyumlu bulunmuştur. Bazı bitkisel hammaddelerin farklı solventler kullanarak ekstraksiyonu sonucu elde edilen özütlerin gıdalara eklenilmesi sonucunda BA oluşumunda artırıcı bir rol üstlendiği

literatürde de yer almaktadır. Nitekim bir çalışmada, biberin dietil eter kullanılarak elde edilen özütünün *in-vitro* ortamda BA miktarını artırdığını ve bu sonuçtan hareketle özellikle BA zehirlenmesi ile ilişkili gıdalar söz konusu olduğunda, BA üretimini artırma olasılığı nedeniyle daha dikkatli kullanılması gerektiği belirtilmiştir. Çalışmada ayrıca HIS zehirlenmesi ile ilişkili gıda ürünlerinde kırmızıbiber özütü kullanımının, BA'lerin oluşumu açısından potansiyel olarak tehlikeli olabileceği vurgulanmaktadır (Özogul vd. 2022).

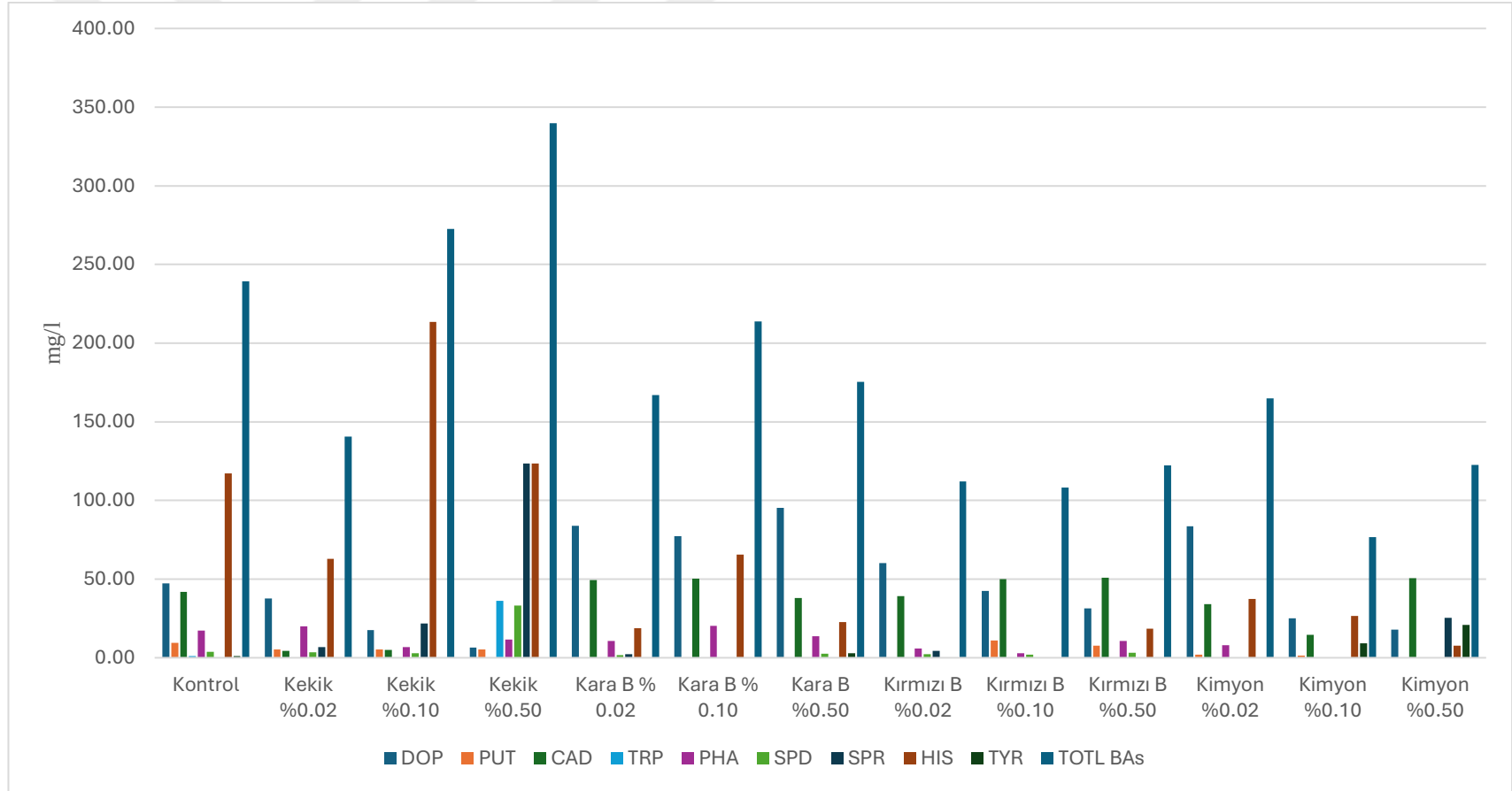
Wendakoon ve Sakaguchi (1992) tarafından yapılan bir çalışmada, dekarboksilaz sıvısında biber özütünün eklenmesiyle *M. morganii* tarafından HIS oluşumunda on kat artış bildirilmiştir. Ayrıca, Mah vd. (2009) tarafından bildirilen bir çalışmada kırmızıbiber özütünün PUT ve HIS oluşumunu artırırken diğer BA'ler üzerine kayda değer bir etki bulunmamıştır.

Bazı özütlerin dekarboksilaz sıvısında BA miktarlarını artırması konusunda özütlerin dekarboksilaz sıvısının pH veya diğer özelliklerini değiştirebileceği öngörülmüş olup bu değişimin bakteriyel dekarboksilaz enzimlerinin çalışma koşullarını etkileyebileceği ve böylelikle BA miktarlarında değişim olabileceği olarak açıklanmıştır (Özogul vd. 2022). Diğer bir çalışmada ise baharat özütlerinin gıda kaynaklı patojenlerin büyümesini ve BA sentezini inhibe etmesi ele alınmış ve bunun enzim fonksiyonu için uygun bir ortam sağlaması olarak bildirilmiştir. İlgili çalışmada ayrıca, kimyon, kırmızıbiber ve karabiber özütlerinin %1 konsantrasyonunun *Staphylococcus aureus* tarafından BA'lerin oluşumu üzerindeki etkisi değerlendirilmiş ve kimyon özütünün TYR, HIS, PUT, CAD, SPM TRP, PHEA, SPR ve DOP gibi çoğu BA'in üretimini uyardığı ortaya konulurken, kırmızıbiber ve karabiber özütlerinin TYR, DOP, PUT ve CAD üretiminin inhibisyonuna yol açtığı, ancak HIS üretimini uyardığı sonuçları gösterilmiştir (Kuley vd. 2024).

Ayrıca, baharat özütlerinin BA üretimini artırdığı bu durum, baharatlardaki alkaloid bolluğu ile açıklanabilir, çünkü alkaloid içeriğinin BA üretimini artırmakla ilişkilendirildiği bilinmektedir (Kuley vd. 2024). Bununla birlikte mikroorganizmaların proteinlerin ve amino asitlerin dekarboksilasyonu için endojen (amino asit dekarboksilaz) ve eksojen enzimler salgıladıkları bildirilmektedir (Gardini vd. 2016b). Bu hipotezlere ışığında, BA'lerin artışı, mikroorganizmaların yok edilmesi ve hücre duvarlarının parçalanmasından sonra ortaya çıkmakta olup, parçalanma neticesinde ortamda enzimlerin serbest bırakılmasına neden olur. Sonuç olarak, dekarboksilaz sıvısında BA'lerin sentezinin veya oluşumunun artmasına yol açabileceği düşünülmektedir.

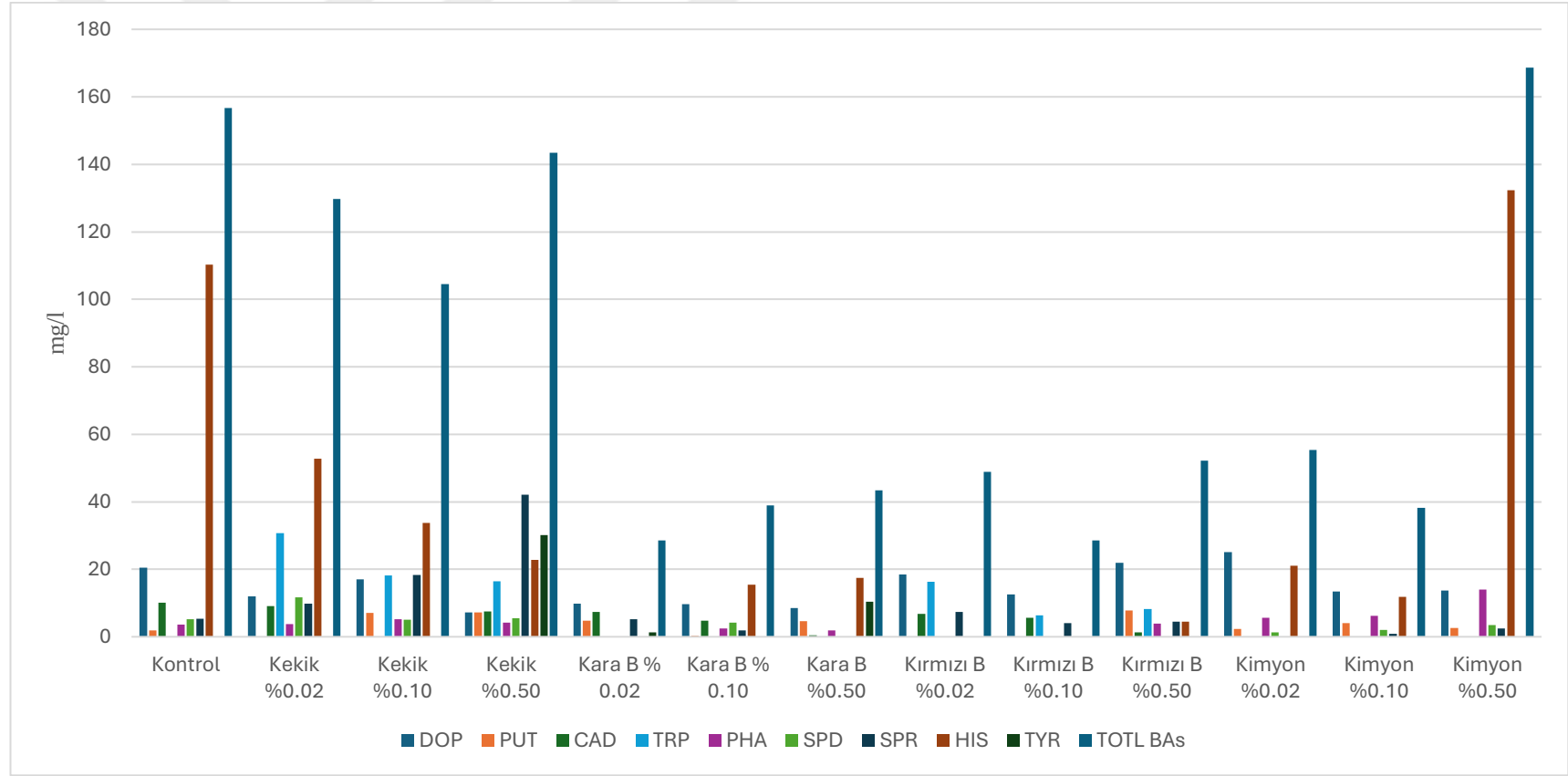
4.5.2. HDS'nda mikroorganizmalar tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri

Çeşitli bitki özütlerinin, farklı bakteri suşu üzerinde HDS'nda BA' oluşumu üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla gerçekleştirilen çalışmaya ait sonuçlar Şekil 4.18, 4.19, 4.20, 4.21 ve 4.22'de sunulmaktadır.



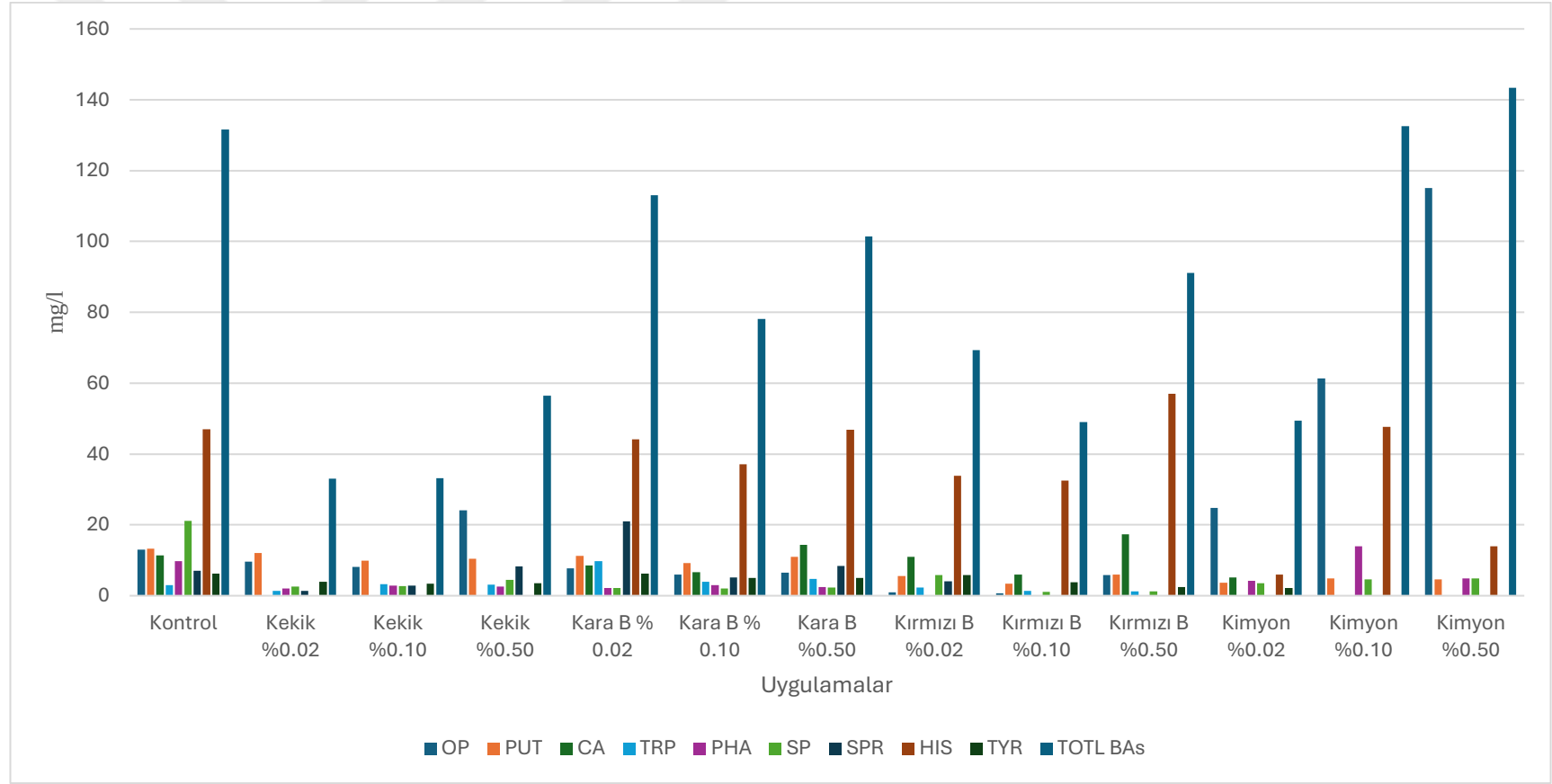
Şekil 4.18. HDS’nda *E. coli* tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)

DOP: dopamin, PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHEN: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT BA: toplam biyojen aminler



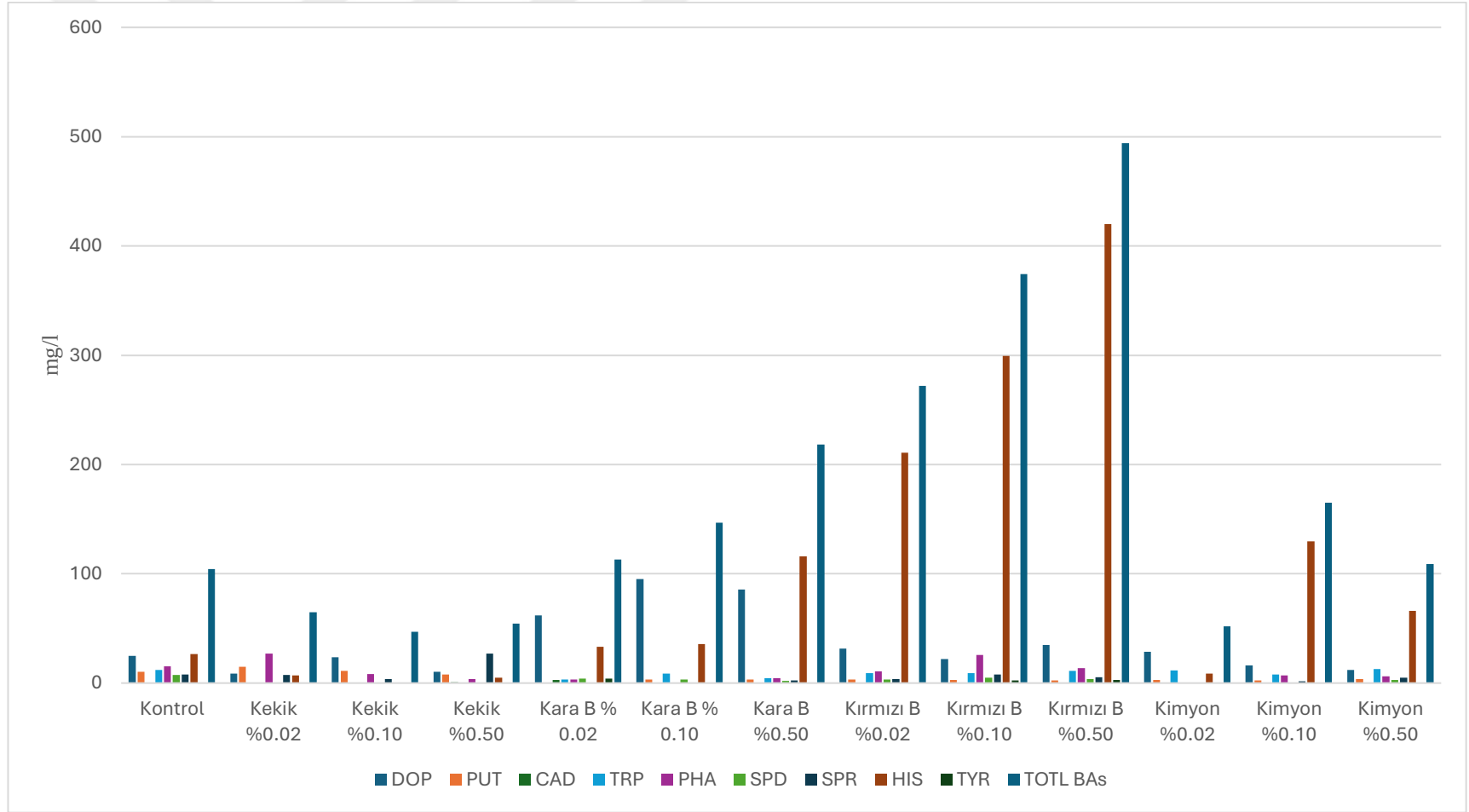
Şekil 4.19. HDS’nda *S. aureus* tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)

DOP: dopamin, PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHEN: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT BA: toplam biyojen aminler.



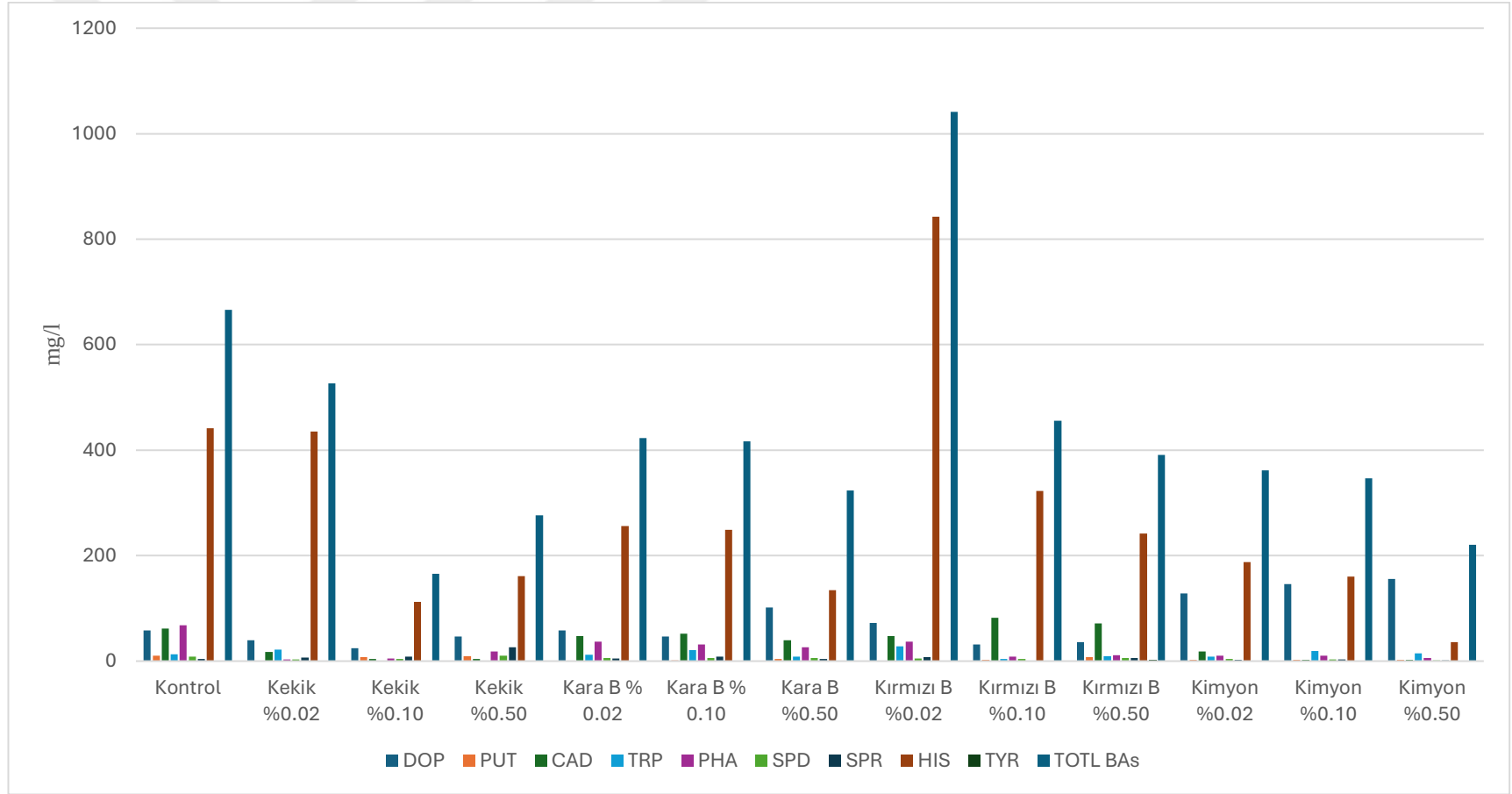
Şekil 4.20. HDS’nda *E. faecales* tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)

DOP: dopamin, PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHEN: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT BA: toplam biyojen aminler



Şekil 4.21. HDS’nda *P. areugenase* tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)

DOP: dopamin, PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHEN: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT BA: toplam biyojen aminler.



Şekil 4.22. HDS’nda *K. pneumoniae* tarafından oluşan biyogen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)

DOP: dopamin, PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHEN: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT BA: toplam biyogen aminler

Şekil 4.18’de sunulan sonuçlara göre, *E. coli*’de, %0.5 kekik özütü, birçok BA’leri, özellikle DOP’i 6.38 mg/l’ye ve CAD’i 0.00 mg/l’ye düşürerek önemli inhibe edici etkiler göstermiştir. Ancak, %0.02 konsantrasyonunda karabiber, kontrol grubuna göre DOP (83.77 mg/l) ve CAD (49.39 mg/l) miktarlarında önemli artışlara yol açmış, ancak HIS’i (18.91 mg/l) inhibe etmiştir. Kırmızı biber ekstraktı, %0.1 konsantrasyonunda HIS’i (0.000 mg/l) inhibe ederken PUT (10.86 mg/l) miktarında artışa neden olmuştur. Kimyon ekstraktı ise, özellikle %0.02’de DOP’u (83.54 mg/l) ve %0.1 ile %0.5’te TYR’ı (sırasıyla 9.17 mg/l ve 20.83 mg/l) uyarak konsantrasyonlara göre değişen etkiler göstermiştir.

S. aureus ile, %0.02 konsantrasyonda kekik özütü, DOP’i (11.91 mg/l) ve HIS’i (52.76 mg/l) inhibe ederken, TRP’i (30.73 mg/l) ve SPD’i (11.73 mg/l) uyarıştır. Karabiber genellikle konsantrasyonlar özellikle DOP ve CAD üzerinde boyunca hafif inhibe edici etkiler sergilemiştir (Şekil 4.19). Kırmızı biber özütü, HIS oluşumu üzerinde %0.02 ve %0.1 konsantrasyonlarında tamamen inhibisyonuna neden olmuştur. Bu özütün diğer BA’ler üzerinde ise zayıf inhibe etkiler gösterdiği sonucuna varılmıştır. Kimyon özütü, HIS oluşumu üzerinde %0.02 ve %0.1 konsantrasyonlarında anlamlı bir şekilde inhibisyonuna neden olmuştur. Buna karşılık, %0.5 konsantrasyonundaki özüt, HIS oluşumunu uyarı edici bir etki göstermiştir.

E. faecalis ile, %0.02 konsantrasyonda kekik özütü, DOP’i (9.67 mg/l), CAD’i (0.00 mg/l), PHEA (2.06 mg/l) ve HIS (0.00 mg/l) belirgin şekilde inhibe etmiştir (Şekil 4.20). Karabiber özütü tüm konsantrasyonlarda bakterinin BA oluşumu üzerinde zayıf bir etki göstermiştir. Buna karşılık, %0,5 konsantrasyonundaki kırmızı biber özütü, CAD (17,39 mg/L) ve HIS’i (57,07 mg/L) önemli ölçüde uyarak toplam BA miktarını 91.18 mg/l’ye artırmıştır. %0.5 konsantrasyonundaki kimyon, DOP (115.065 mg/litre) ve toplam BA’lerin (143.32 mg/litre) üretimini önemli ölçüde uyarıştır. Buna karşılık, bu konsantrasyon değerinde PUT, CAD, TRP, PHEA ve HIS oluşumu inhibe edilmiştir.

P. aeruginosa için, %0.02 konsantrasyonda kekik özütü, DOP’da (8.73 mg/l) ve TRP’de (0.00 mg/l) inhibisyon gösterirken, PUT’i (15.08 mg/l) ve PHEN’ı (26.93 mg/l) uyarıştır (Şekil 4.21). Karabiber özütü DOP seviyeleri üzerinde %0.1 ve %0.5 konsantrasyonlarında sırasıyla 95.32 mg/l ve 85.45 mg/l olmak üzere önemli ölçüde artırmıştır. Aynı konsantrasyonlar, HIS üretimini sırasıyla 35.70 mg/l ve 116.17 mg/l seviyelerine çıkarmıştır. Buna karşılık, karabiber özütü PUT, PHEA, SPM ve SPR üzerine inhibe bir etki göstermiştir. Kırmızı biber özütü, özellikle %0.5’te (420.12 mg/l) HIS seviyelerini önemli ölçüde uyarıştır. %0.1’de kimyon özütü, HIS’te (129.69 mg/l) ve toplam BA’lerde (164.98 mg/l) artışa neden olmuştur. Buna karşılık, karabiber özütü DOP, PUT ve SPM gibi BA’lerin üzerine inhibe edici bir etki göstermiştir.

K. pneumoniae, %0.02 konsantrasyonda kekik, DOP’da (39.28 mg/l) ve CAD’de (17.19 mg/l) önemli inhibisyon gösterirken, TRP’i aynı konsantrasyonda (21.93 mg/l) uyarıştır. %0.5’te karabiber, DOP’i (101.78 mg/l) belirgin şekilde uyarış ve HIS’i (134.13 mg/l) inhibe etmiştir (Şekil 4.22). %0.02 konsantrasyonda kırmızı biber, DOP’i (72.22 mg/l), HIS’i (842.97 mg/l) ve TOT BA’leri (1041.36 mg/l) belirgin şekilde uyarıştır. Kimyon genellikle konsantrasyonlar boyunca özellikle CAD, PHEN ve HIS üzerinde inhibe edici etki göstermiştir. Bu bulgular, baharat özütlerinin biyoaktif bileşenlerinin hem Gram+ hem de Gram - bakterilere karşı antimikrobiyal etkiler gösterdiğini, endojen enzimlerin aktivitelerini inhibisyonunu gösteren pek çok çalışma ile uyumludur (Houicher vd. 2021; Milenković ve Stanojević 2021; Rathod vd. 2021).

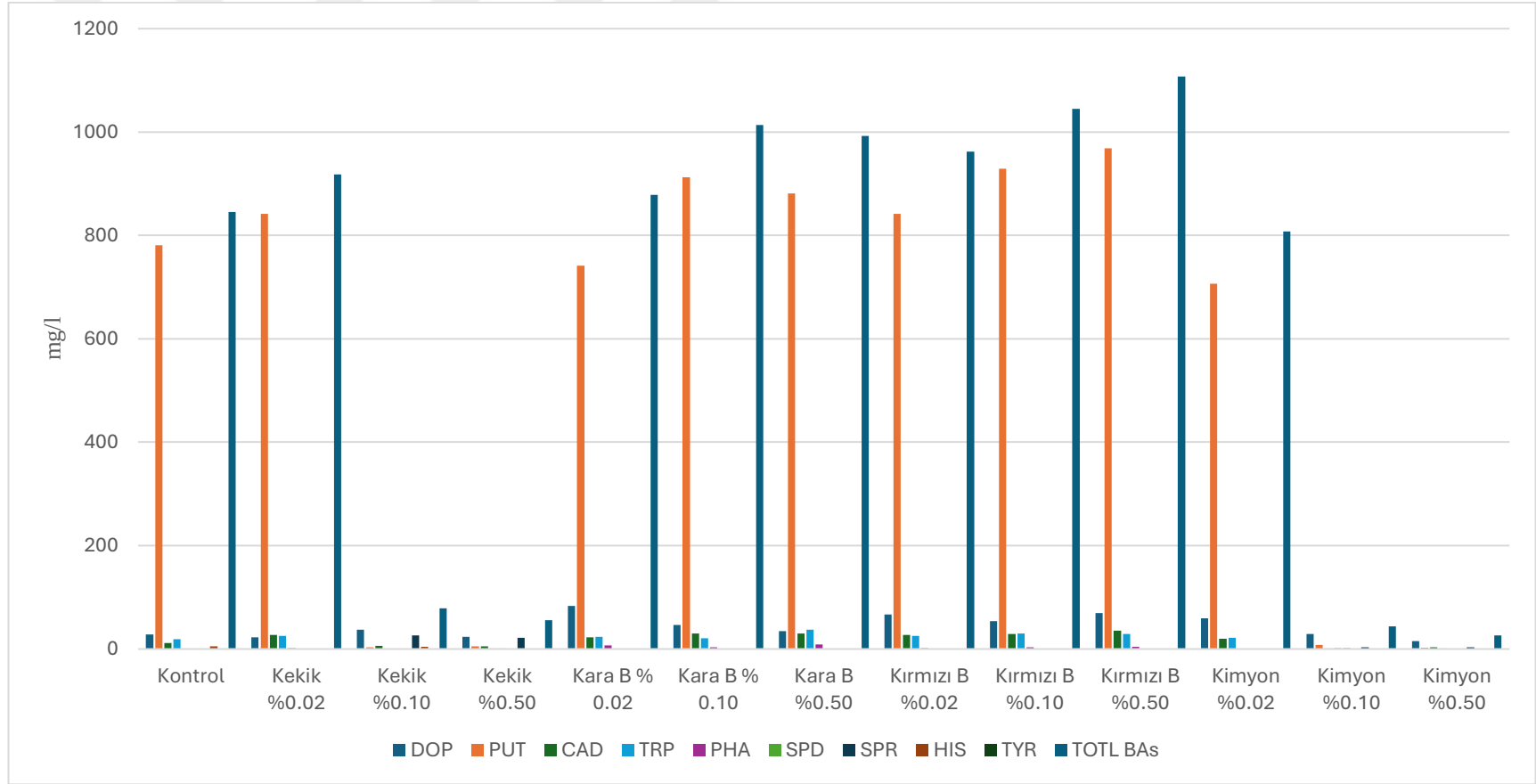
Özogul vd. (2022) tarafından bildirilen bir çalışmada, karabiber ve kırmızı biber özütlerinin gıda kaynaklı patojen büyüme üzerindeki etkileri ile bunların BA üretimine olan etkileri HDS içinde araştırılmıştır. Aynı çalışma ayrıca bu baharat özütlerinin dekarboksilaz sıvısının özelliklerini değiştirebileceğini ve bakteriyel dekarboksilaz enzimlerinin işlev görmesi için koşulları daha elverişli hale getirebileceğini bildirmektedir. Bu durum, özellikle kırmızı biber ve karabiber özütleri ile muamele edildiğinde, dekarboksilaz sıvısında bazı BA'lerin, özellikle HISin artışı açıklanmaktadır. Biber özütleri, dekarboksilaz sıvısının pH veya diğer özelliklerini değiştirebilir ve böylece bakteriyel dekarboksilaz enzimleri için daha elverişli koşullar oluşturabilmektedirler. Amerikan Mikrobiyoloji Derneği, dekarboksilaz sıvısı için önerdiği protokolde 25°C'de ortamın nihai pH değerinin 6.0 ± 0.2 olması gerektiğini bildirmektedir (Lal ve Cheeptham 2015). Dekarboksilaz sıvılarında ortamda bulunan bitkisel özütlerin bu pH değerinde yapacağı herhangi bir değişiklik, dekarboksilaz enzimlerinin aktivitesini etkileyebilmektedir.

Yapılan diğer bir çalışmada, sadece kimyon özütünün, *S. aureus* tarafından HDS'da HIS oluşumunu önemli ölçüde inhibe ettiği bildirilirken, karabiber ve kırmızıbiber özütü kullanıldığında HIS oluşumu inhibe edilmediği gibi kontrol grubuna göre yüksek olarak ta bulunmuştur. İlgili çalışmada ayrıca kırmızıbiber ve karabiber özütleri, HIS oluşumunu en güçlü şekilde uyaran özüt olarak gösterilmiştir. Öte yandan, karabiber özütü, *S. aureus* tarafından PUT oluşumunu inhibe etmiştir (Özogul vd. 2022).

4.5.3. ODS'nda mikroorganizmalar tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri

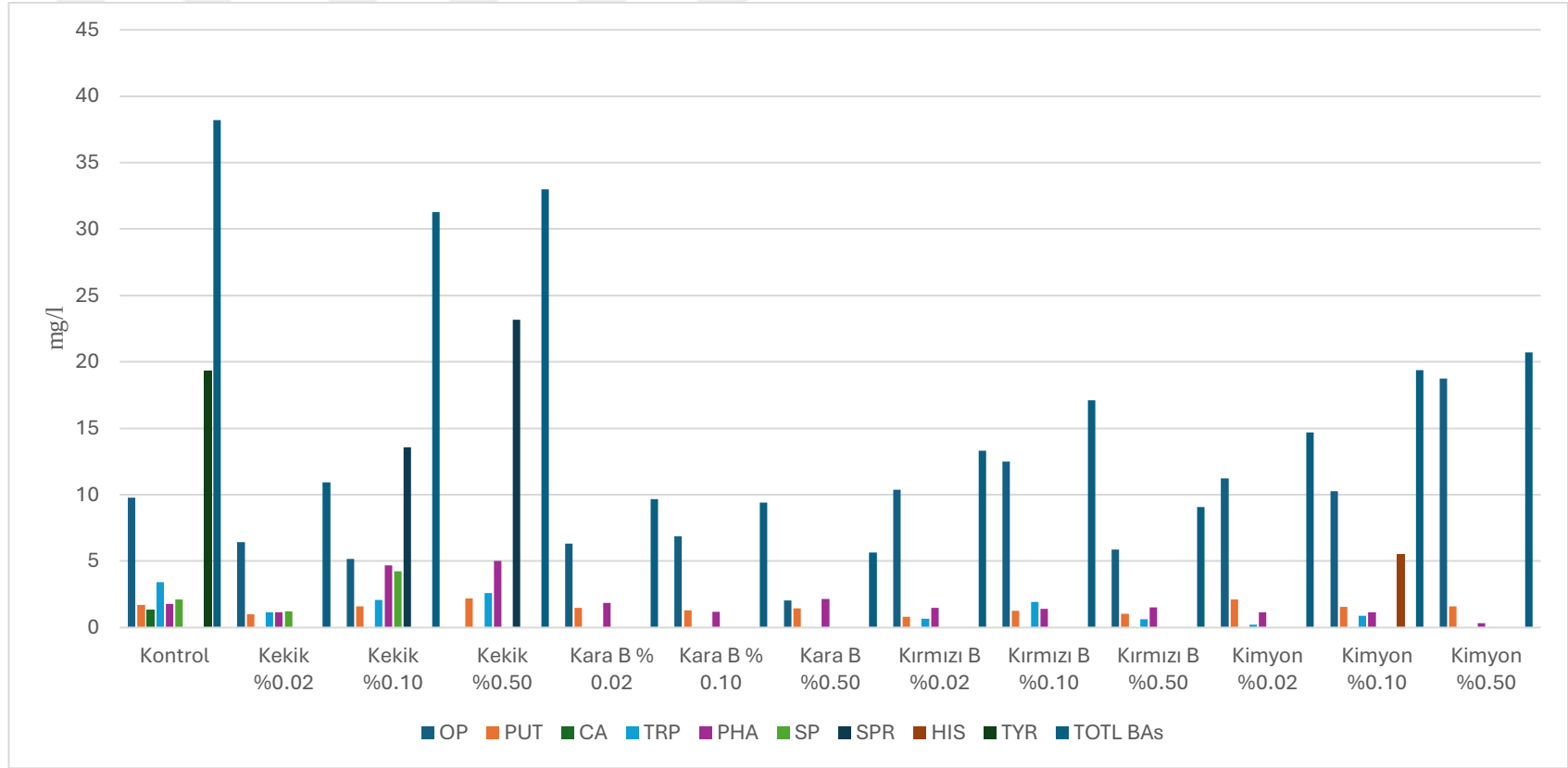
Şekil 4.23'ten 4.27'ye kadar, farklı özütlerin çeşitli konsantrasyonlarının, ODS'nda patojen bakteriler tarafından BA oluşum kapasitesi üzerindeki etkileri üzerine elde edilen sonuçlar sunulmaktadır.

E. coli üzerinde yapılan incelemelerde (Şekil 4.23), kekik özütünün konsantrasyona bağlı olarak değişen etkiler sergilediği görülmüştür. %0.02 konsantrasyonda kekik özütü, DOP seviyelerinde orta derecede inhibisyon (22.97 mg/l) gösterirken PUT (841.41 mg/l), CAD (26.82 mg/l), TRP (24.96 mg/l) ve toplam BA (917.86 mg/l) miktarlarında önemli ölçüde uyarıcı bir etki göstermiştir. Ancak, daha yüksek konsantrasyonlarda (%0.1 ve %0.5), kekik özütü PUT, CAD ve toplam BA seviyelerinde inhibisyonu gösterirken, SPR seviyelerinde önemli bir uyarım gözlemlenmiştir. Karabiber özütü, özellikle %0.1 ve %0.5 konsantrasyonlarda DOP, PUT, CAD ve toplam BA miktarların önemli bir uyarım göstermiştir. Kırmızı biber özütü ise %0.5 konsantrasyonda DOP, PUT, CAD ve toplam BA miktarlarını önemli düzeyde artırmıştır. Kimyon özütü ise %0.1 ve %0.5 konsantrasyonlarda çoğu BA üzerinde güçlü inhibisyon göstermiş, özellikle PUT ve toplam BA miktarlarını azaltmıştır.



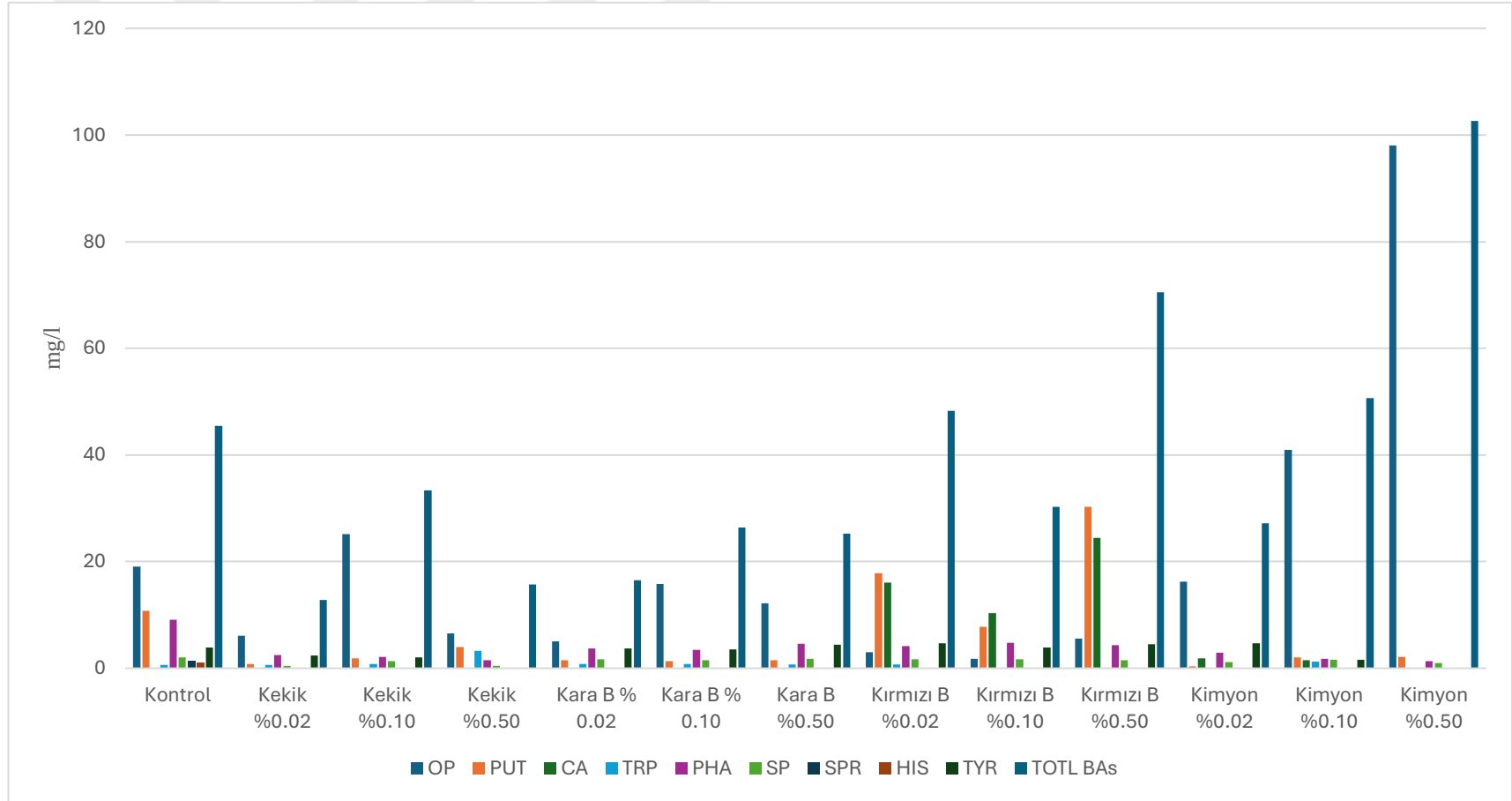
Şekil 4.23. ODS’nda *E. coli* tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)

DOP: dopamin, PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHEN: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT BA: toplam biyojen aminler



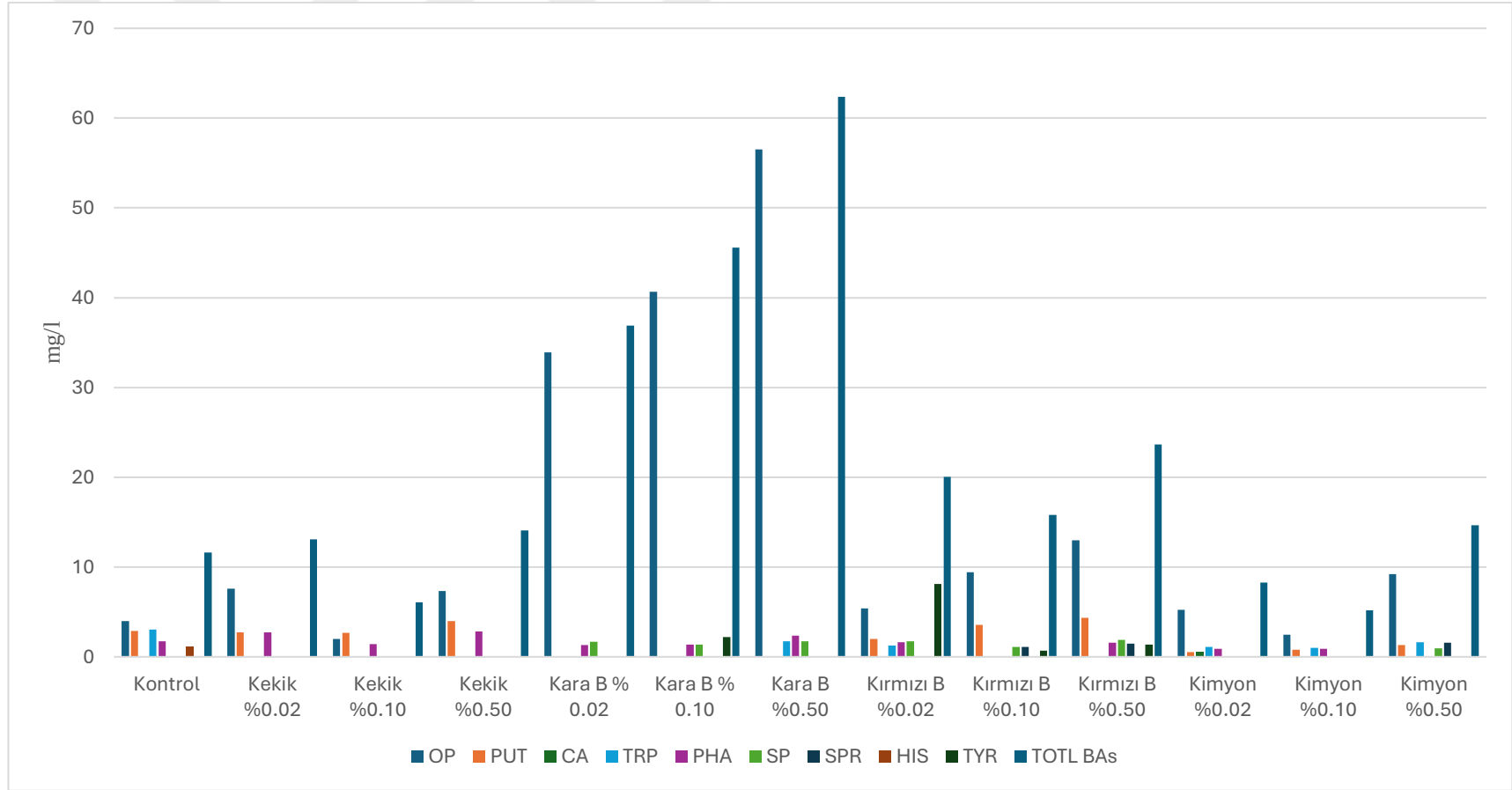
Şekil 4.24. ODS’nda *S. aureus* tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)

DOP: dopamin, PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHEN: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT BA: toplam biyojen aminler



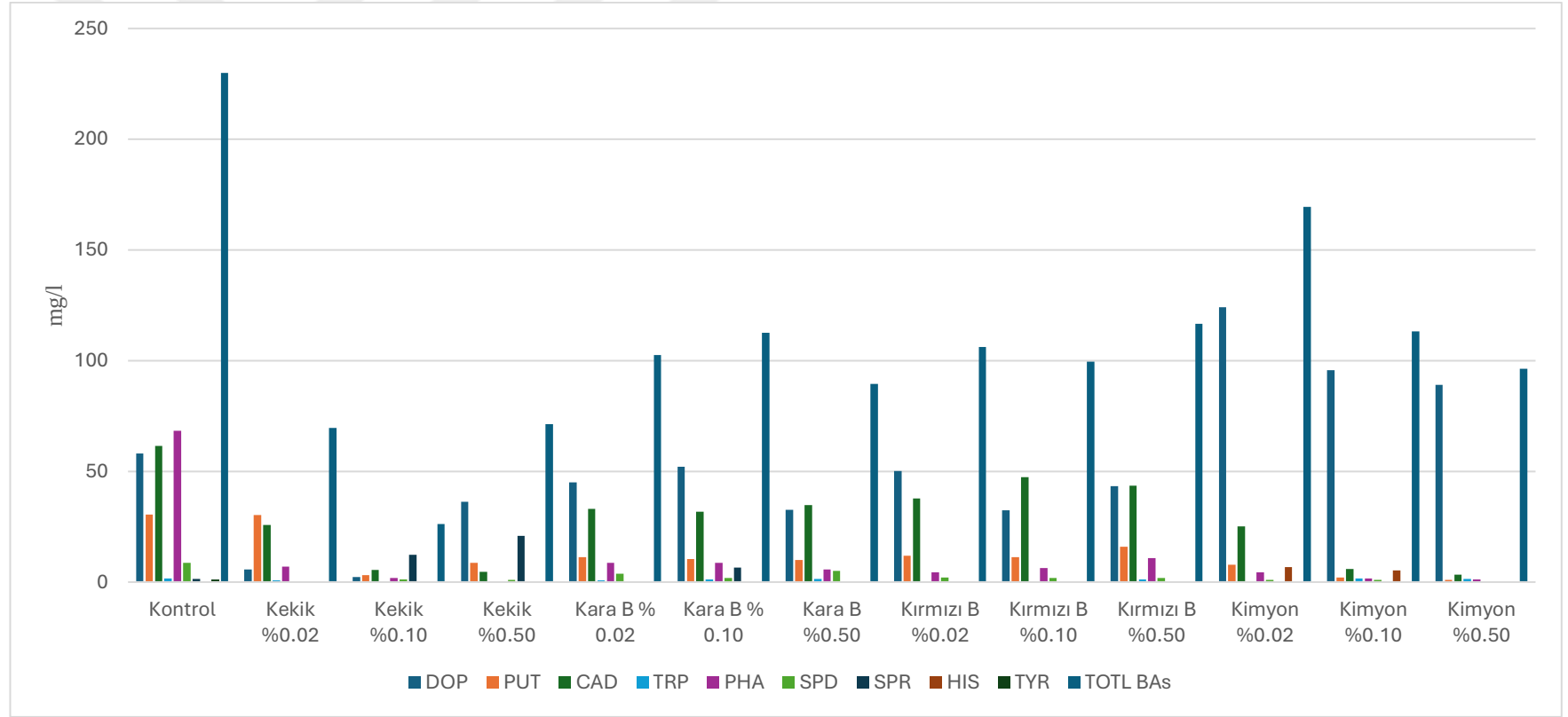
Şekil 4.25. ODS’nda *E. faecalis* tarafından oluşan biyogen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)

DOP: dopamin, PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHEN: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT BA: toplam biyogen aminler



Şekil 4.26. ODS’nda *P. aeruginosa* tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)

DOP: dopamin, PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHEN: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT BA: toplam biyojen aminler.



Şekil 4.27. ODS’nda *K. pneumoniae* tarafından oluşan biyogen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l).

DOP: dopamin, PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHA: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT BA: toplam biyogen aminler.

S. aureus'ta, kekik özütü çoğu amin üzerinde değişken derecelerde inhibisyon sergilemiş, en yüksek inhibisyon %0.5 konsantrasyonda DOP (0 mg/l) ve SPD (0 mg/l) gözlemlenmiştir. Karabiber özütü, özellikle %0.5 konsantrasyonda, toplam BA'lerde önemli bir inhibisyon (5.65 mg/l) göstermiştir (Şekil 4.24). Kırmızı biber özütü, toplam BA düzeylerinde tüm konsantrasyonlarda inhibisyon gözlemlenmiştir. Kimyon özütü ise %0.1 konsantrasyonda HIS seviyelerinde uyarım göstermiş, diğer konsantrasyonlarda çeşitli BA üretiminde orta derecede inhibisyona neden olmuştur.

E. faecalis üzerinde yapılan incelemelerde (Şekil 4.25), kekik özütü konsantrasyona bağlı olarak hem inhibisyon hem de uyarım etkileri sergilemiştir. %0.02 konsantrasyonda DOP, PUT, HIS, TYR ve toplam BA seviyelerinde önemli inhibisyon gösterirken, daha yüksek konsantrasyonlarda (%0.1 ve %0.5) BA üretiminde inhibisyon ve uyarımın etkilerini birlikte sergilemiştir. Karabiber özütü, tüm konsantrasyonlarda çeşitli derecelerde inhibisyon etkisi göstermiştir. Kırmızı biber özütü, özellikle PUT olmak üzere birçok BA üretimini önemli ölçüde uyarımıştır. %0.02 ve %0.5 konsantrasyonları, *E. faecalis* tarafından PUT oluşumunu anlamlı bir artış göstermiştir. Kimyon özütü, tüm konsantrasyonlarda CAD oluşumu üzerine önemli ölçüde inhibisyonunu gösterirken, yüksek konsantrasyonlarda (%0,1 ve %0,5) DOP ve toplam BA'lerin üretimini önemli ölçüde uyardığı sonucuna varılmıştır.

P. aeruginosa'da, kekik özütü %0.5 konsantrasyonlarda DOP, PHEN ve toplam BA'ler üzerine uyarıcı etki gösterirken genel olarak HIS oluşumunu azaltmıştır (Şekil 4.26). Karabiber özütü ise tüm konsantrasyonlarda çoğu BA oluşumunu uyarmasına rağmen, tüm konsantrasyonlarda PUT oluşumu üzerin etki göstermiştir. Kırmızı biber özütünün, özellikle %0.02 ve %0.5 toplam BA miktarı üzerinde anlamlı derecede artırıcı bir etkisi gözlemlenmiştir. Kimyon özütü ise düşük konsantrasyonlarda toplam BA'lerin önemli inhibisyon gösterirken, diğer aminlerde orta derecede inhibisyon sergilemiştir. Bu özüt %0.5 konsantrasyonda, DOP oluşumunu uyararak toplam BA miktarında artışa neden olmuştur.

K. pneumoniae'nin ise ODS'nda özellikle PUT üretme yeteneğine sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Kekik özütleri BA'lerin ve toplam BA'lerin oluşumu üzerinde anlamlı bir inhibe etkisi göstermiştir ve özellikle %0.1 ve %0.5 konsantrasyonlarında, PUT oluşumunu sırasıyla 3.11 mg/l ve 8.57 mg/l'ye düşürmüştür (Şekil 4.27). Karabiber ve kırmızı biber tüm özütlerin BA'lerin ve toplam BA'lerin oluşumu üzerinde anlamlı bir inhibe etkisini göstermiştir. Bu özütler özellikle DOP, PUT, CAD, TRP ve SPD oluşum üzerine yüksek bir inhibe etkisi göstermiştir. Tüm kimyon özütlerin konsantrasyonları, BA'lerin ve toplam BA'lerin oluşumu üzerinde ve özellikle de PUT, CAD, TRP ve SPD oluşumunda yüksek inhibitör etkiler gözlenmiştir. Öte yandan, tüm kimyon özütlerine ait konsantrasyonlar DOP oluşumu üzerine uyarıcı bir etki göstermiştir.

Özogul vd. (2022) tarafından yapılan bir çalışma, kimyon özütlerin özellikle *S. aureus* ve *P. aeruginosa*'nın mikrobiyal büyümesini önemli ölçüde inhibe ettiğini ve dekarboksilaz ortamında bakteriyel yükleri azaltmada son derece etkili olduğunu bulmuştur. Bakteri büyümesinin inhibisyonu, kimyon özütlerinin enzim aktivitesini veya hücrel süreçleri değiştirebileceğini ve bunun da BA üretiminde azalmaya yol açabileceğini göstermektedir. Bu sonuçlar, çalışmamızda elde edilen bulgularla büyük ölçüde uyumludur; kimyonun birçok BA, özellikle PUT oluşumunu inhibe etme yeteneğine sahip olduğunu ve ODS'nda tüm bakterilerin büyümesini büyük ölçüde inhibe

ettiğini tespit edilmiştir.

Křížek vd. (2018) tarafından yapılan bir çalışma, sardalya dilimlerine kekik yağı eklemenin etkisini incelemiştir. Bu çalışmanın depolamanın 35. gününe kadar PUT içeriğinin 10 mg/kg'ı geçmediğini göstermiştir. Kontrol örneklerinde ise bu değere depolamanın 9. gününde ulaşılmıştır. Kekik özütlerin BA oluşumunu üzerine büyük ölçüde inhibe ettiğini göstermiştir. Bu durum, kekik özütlerinin ODS'nda BA oluşumunu engellemede ve azaltmada önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir.

Diğer bir çalışmada *E. faecalis* ve *K. pneumoniae*'nin ornitin dekarboksilaz aktivitesinin zayıf olduğu gösterilmiş olup bildirilen bu sonuç çalışmadan elde edilen bulgularla uyumlu bulunmuştur. (Lal ve Cheeptham 2015; Özogul ve Özogul 2007). Benzer şekilde *S. aureus* ve *P. aeruginosa*'nın ornitin dekarboksilaz aktivitesinin negatif olduğu bildirilmektedir (Aryal 2018). Bu, *P. aeruginosa*'nın bulunduğu ortamda ODS içinde ornitinini PUT dönüştürmek için gerekli enzime sahip olmadığı ile açıklanmaktadır. Amerikan Mikrobiyoloji Derneği'nin dekarboksilaz sıvısı protokolünde detaylı olarak açıklanan bir çalışmada, *E. coli*'nin ornitin dekarboksilaz aktivitesi için pozitif olabileceği belirtilmektedir. Bu, ornitin ve uygun bir pH seviyesi gibi uygun koşullar altında *E. coli*'nin ornitinini PUT dönüştürebileceğine işaret etmektedir. (Lal ve Cheeptham 2015). Bu çalışma sonuçları, yaptığımız tez çalışmasında *E. coli*'nin yüksek miktarlarda PUT üretme yeteneğinin nedenini ve *S. aureus* ile *P. aeruginosa* 'nın daha az veya orta düzeyde PUT üretme yeteneklerinin sebebini açıklamaktadır.

Çeşitli çalışmalarda, kekik özütünün antibakteriyel aktivitesi, özellikle Enterobacteriaceae ailesine ait dekarboksilaz-pozitif bakterilere karşı gösterilmiştir. Örneğin, bir çalışmada kekik bitki özütünün, Enterobacteriaceae ailesinin bir parçası olan enterokokların büyümesini inhibe ettiği bildirilmiştir (Szabóová vd. 2013). Adı geçen çalışmada kekik özütünün, bu bakteriler tarafından üretilen dekarboksilaz enzimlerini inhibe ederek BA üretimini potansiyel olarak azaltabileceği öne sürülmektedir. Araştırma sonuçlarında bu inhibisyonun sorumlu spesifik bileşenleri detaylandırılmamış olsa da, kekik özütünün Enterobacteriaceae ailesi içindeki çeşitli bakterilere karşı etkinliğine dair kanıtlar, genel antibakteriyel etkiyi ve dekarboksilaz aktivitesini inhibe etme potansiyelini desteklemektedir (Szabóová vd. 2013).

Kekik özütlerinin *in-vitro* deneylerinde, Staphylococcus cinsine bağlı en duyarlı suşları özellikle de *S. aureus* ve *E. coli*'yi inhibe edici etkisi doğrulanmıştır (Pasqua vd. 2005). Kekiğin kimyasal bileşiminde en önemli bileşenler olarak timol ve karvakrol; ve ayrıca geraniol, linalool, kamfor ve borneol gibi asiklik monoterpenoidlerin olduğu bildirilmektedir. Bitki uçucu yağ bileşenlerinin konsantrasyonu mevsimler boyunca değişkenlik gösterebilmektedir (Skoula ve Harborne 2002). Uçucu yağ bileşenlerinin kimyasal yapısı ile antibakteriyel potansiyeli arasında bir ilişki bulunmakta olup bu bileşenlerin (fenoller, alkol, ketonlar, esterler) konsantrasyonu ile *in-vitro* koşullarda test ortamının pH değeri arasında büyük bir korelasyon olarak tanımlanmıştır (Baricevic ve Bartol 2002). *In-vitro* deneylerde kekik esansiyel yağlarının/özütlerinin, multiresistan suşlara karşı (*Pseudomonas aeruginosa* ve *E. coli*) antibakteriyel aktivitesi gösterilmiştir (Bozin vd. 2006). İnhibisyon mekanizması muhtemelen hücre zarının geçirgenliğinin ve bütünlüğünün zarar görmesi, pH homeostazı (Helander vd. 1998), inorganik iyon dengesi (zar potansiyeli) (Sikkema vd. 1995) ile ilişkilidir. Birçok esansiyel yağın aktif bileşeni olan karvakrol, hücrenin sitoplazmik zarını destabilize eder, pH gradyanını azaltır,

iyonların, amino asitlerin ve nükleik asitlerin sızmasıyla ATP tükenmesine neden olur ve ardından hücre ölümünü gerçekleştirir (Ultee vd. 2002).

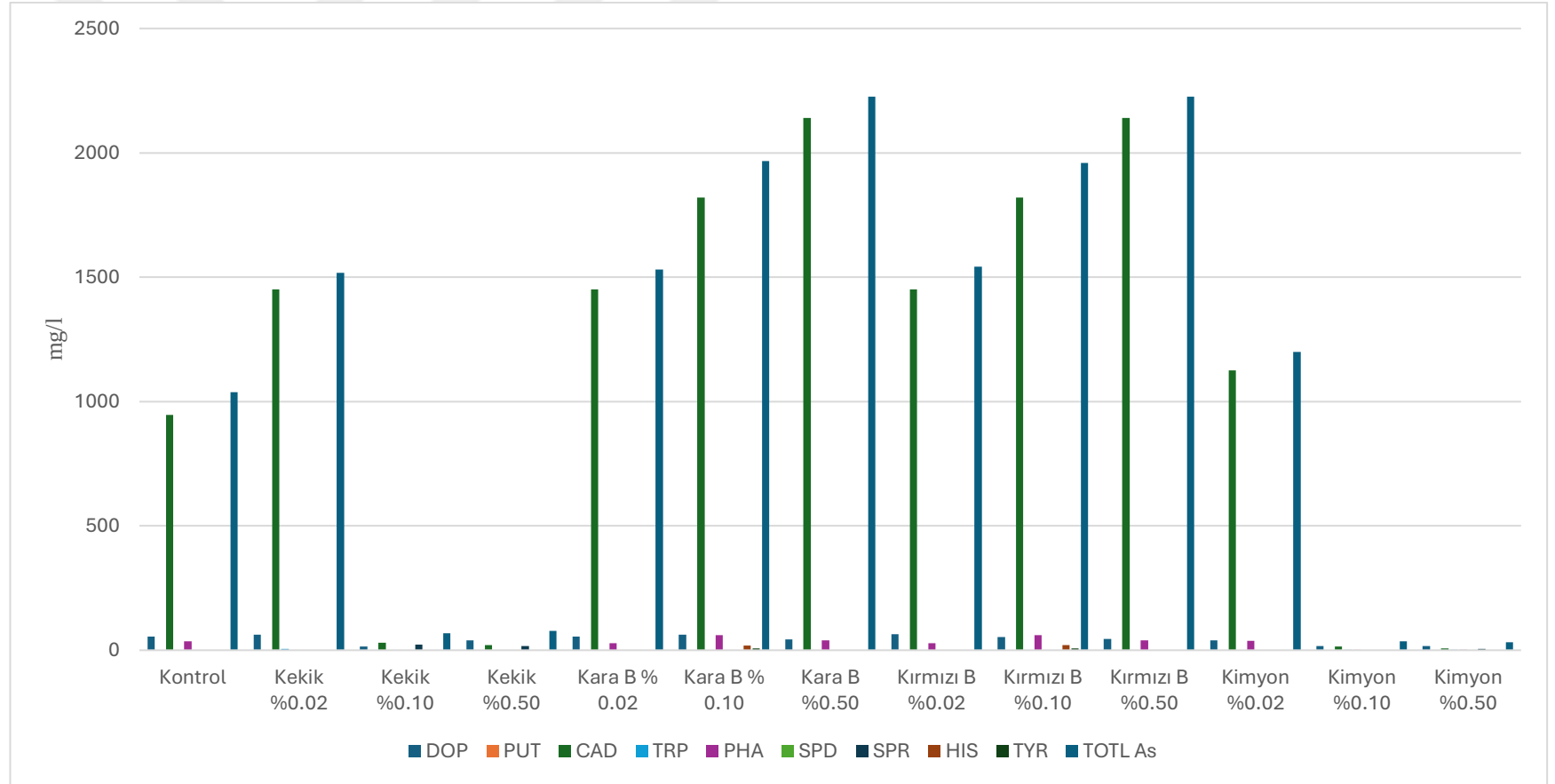
4.5.4. LDS’nda mikroorganizmalar tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri

Şekil 4.28’den Şekil 4.32’ye kadar, çeşitli bitki özütlerinin (kekik, karabiber, kırmızı biber ve kimyon) farklı konsantrasyonlarda (%0.02, 0.1 ve 0.5) beş farklı bakteri suşu üzerindeki, BA oluşumu üzerine etkileri sunulmaktadır.

E. coli için, kekik özütü konsantrasyona bağlı olarak BA oluşumu üzerinde değişken etkiler göstermiştir (Şekil 4.28). %0.02 konsantrasyonda, kekik DOP (62.60 mg/l), CAD (1450.10 mg/l), TRP ve toplam BA oluşumunu anlamlı şekilde artırmıştır, ancak daha yüksek konsantrasyonlarda (%0.1 ve %0.5) bu aminlerin seviyelerinde azalmalar gözlemlenmiştir. Buna karşılık, karabiber ve kırmızı biber özütleri tüm konsantrasyonlarda anlamlı bir şekilde CAD ve diğer BA oluşumunu uyarıcı etki göstermiştir. Karabiber özellikle DOP, CAD, toplam BA’ler seviyelerini artırmıştır, kırmızı biber ise özellikle %0.5 konsantrasyonda en yüksek toplam BA üretimine neden olmuştur. Kimyon özütü, özellikle yüksek konsantrasyonlarda (%0.1 ve %0.5), *E. coli* tarafından toplam BA oluşumunu inhibe etmiş ve CAD seviyelerini anlamlı ölçüde azaltmıştır.

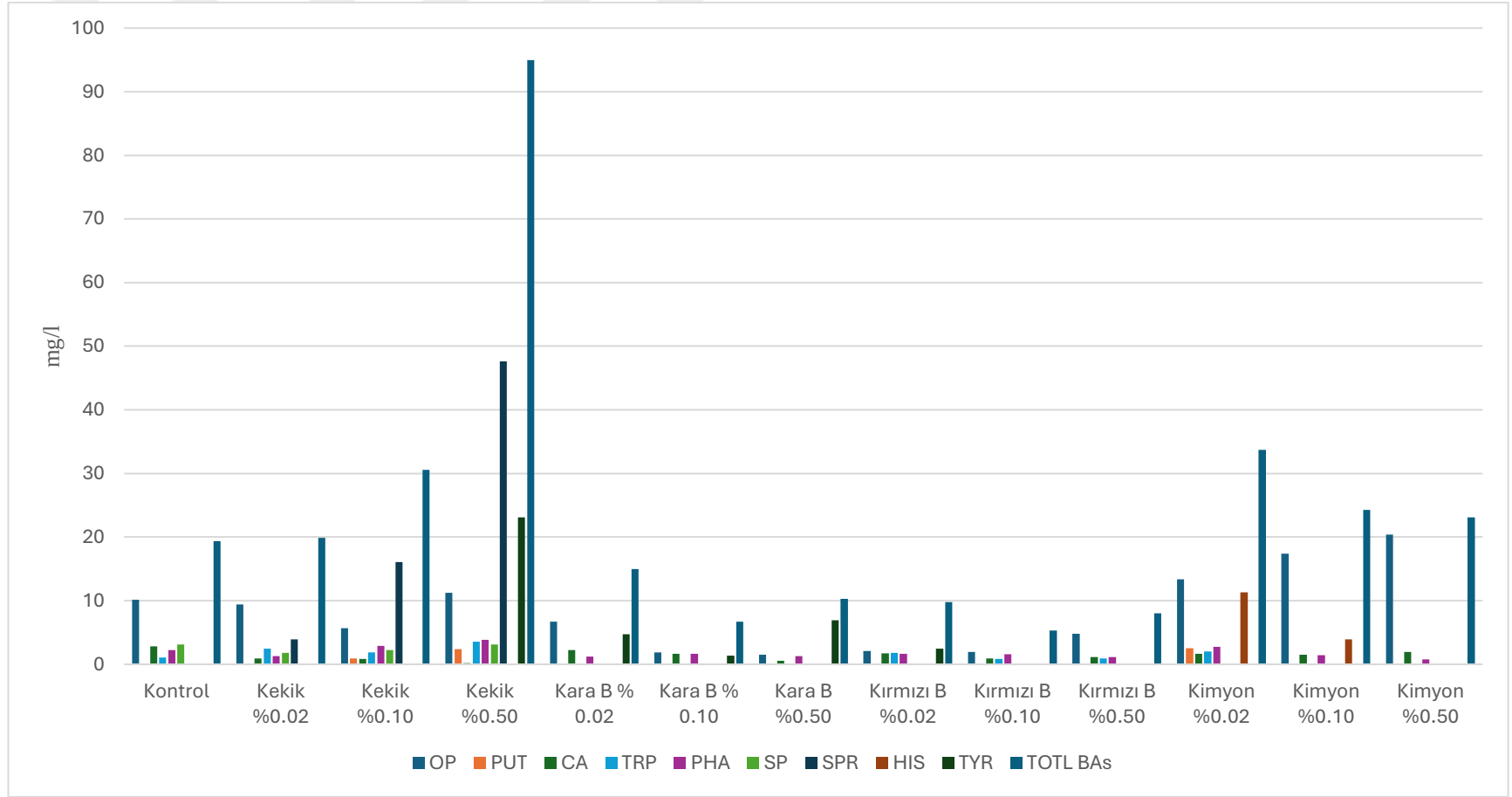
S. aureus’da, %0.5 konsantrasyonda kekik özütü özellikle SPR (47.64 mg/l) ve TYR (23.07 mg/l) olmak üzere BA üretimini anlamlı şekilde uyarmıştır (Şekil 4.29). Karabiber özütü test edilen tüm konsantrasyonlarda BA oluşumunu anlamlı bir şekilde inhibe ederken, TYR üretimini anlamlı şekilde artırmıştır. Kırmızı biber özütü farklı BA’ler üzerinde değişken etkiler göstermiştir. Kimyon özütü, %0.02 konsantrasyonda BA üretimini uyarmasına rağmen, daha yüksek konsantrasyonlarda çoğu BA’de azalan bir eğilim göstermiştir.

E. faecalis, kekik özütüne karşı değişken bir yanıt göstermiş, özellikle daha yüksek konsantrasyonlarda (%0.1 ve %0.5) DOP, PUT, TRP ve toplam BA üretimi üzerine uyarıcı bir etki gözlemlenmiştir (Şekil 4.30). Karabiber özütü tutarlı bir şekilde özellikle DOP, SPD ve toplam BA üretimini artırmıştır. Kırmızı biber özütü, özellikle %0.5 konsantrasyonda DOP, CAD, TYR ve toplam BA üzerine uyarıcı bir etki göstermiştir. Kimyon özütü çeşitli konsantrasyonlarda karmaşık bir etki göstermiş, düşük konsantrasyonlarda genel BA üretimini artırırken, yüksek konsantrasyonlarda inhibe etmiştir. Ancak genel olarak, tüm kimyon özütü konsantrasyonları DOP ve toplam amino asit üretimini teşvik edici bir etki göstermiştir.



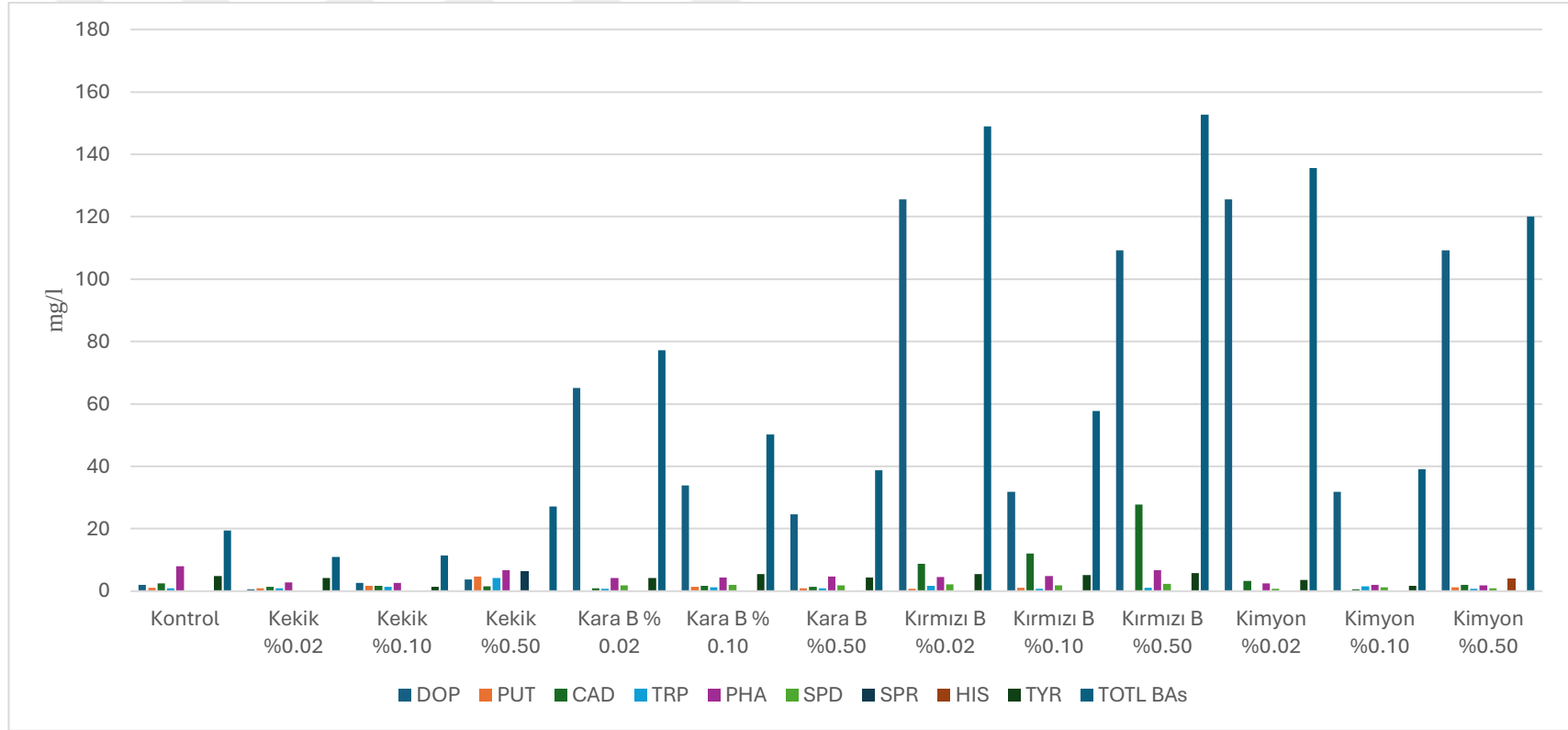
Şekil 4.28. LDS’nda *E. coli* tarafından oluşan biyogen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)

DOP: dopamin, PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHEN: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT BA: toplam biyogen aminler.



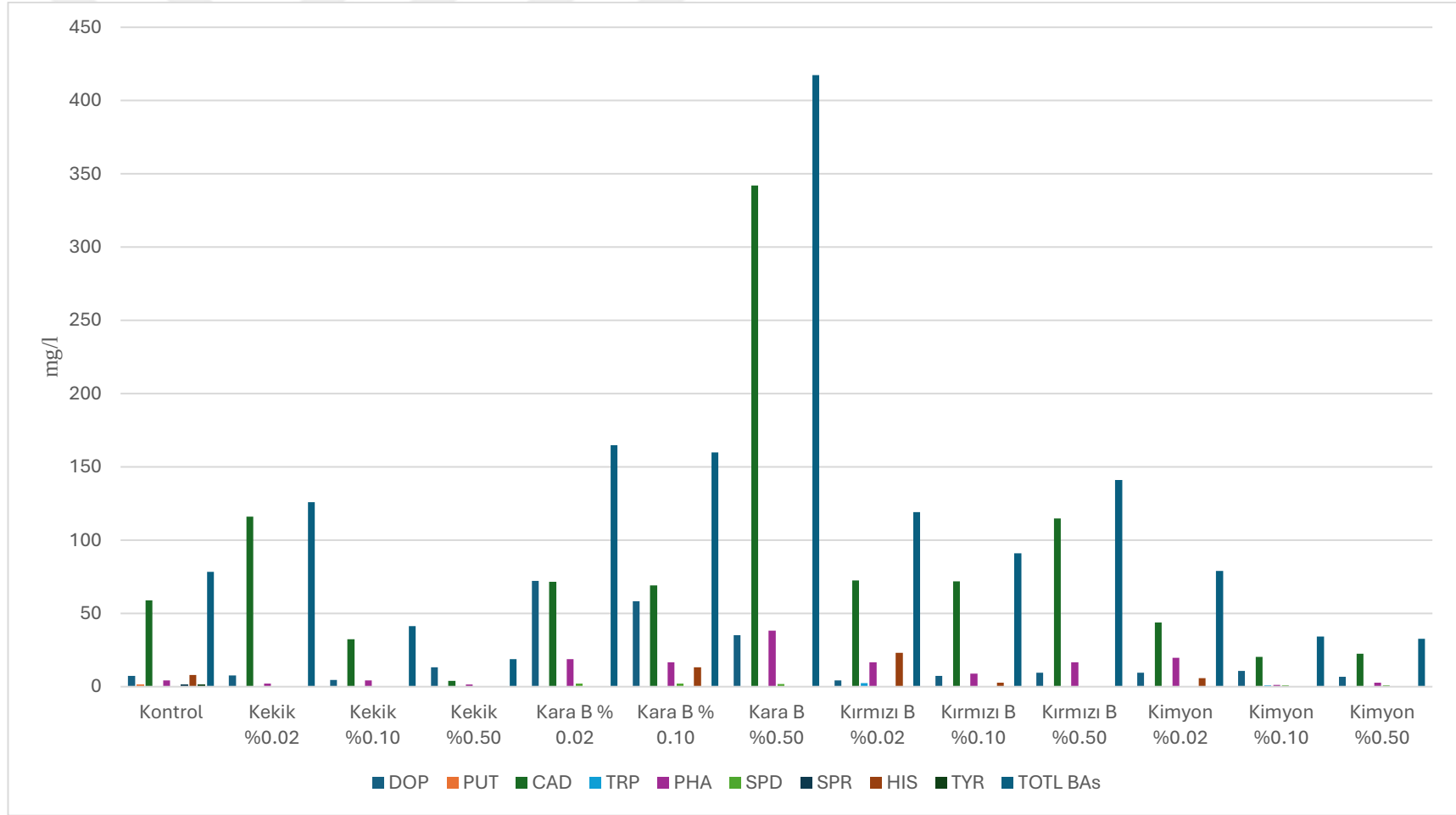
Şekil 4.29. LDS’nda *S. aureus* tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)

DOP: dopamin, PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHEN: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT BA: toplam biyojen aminler.



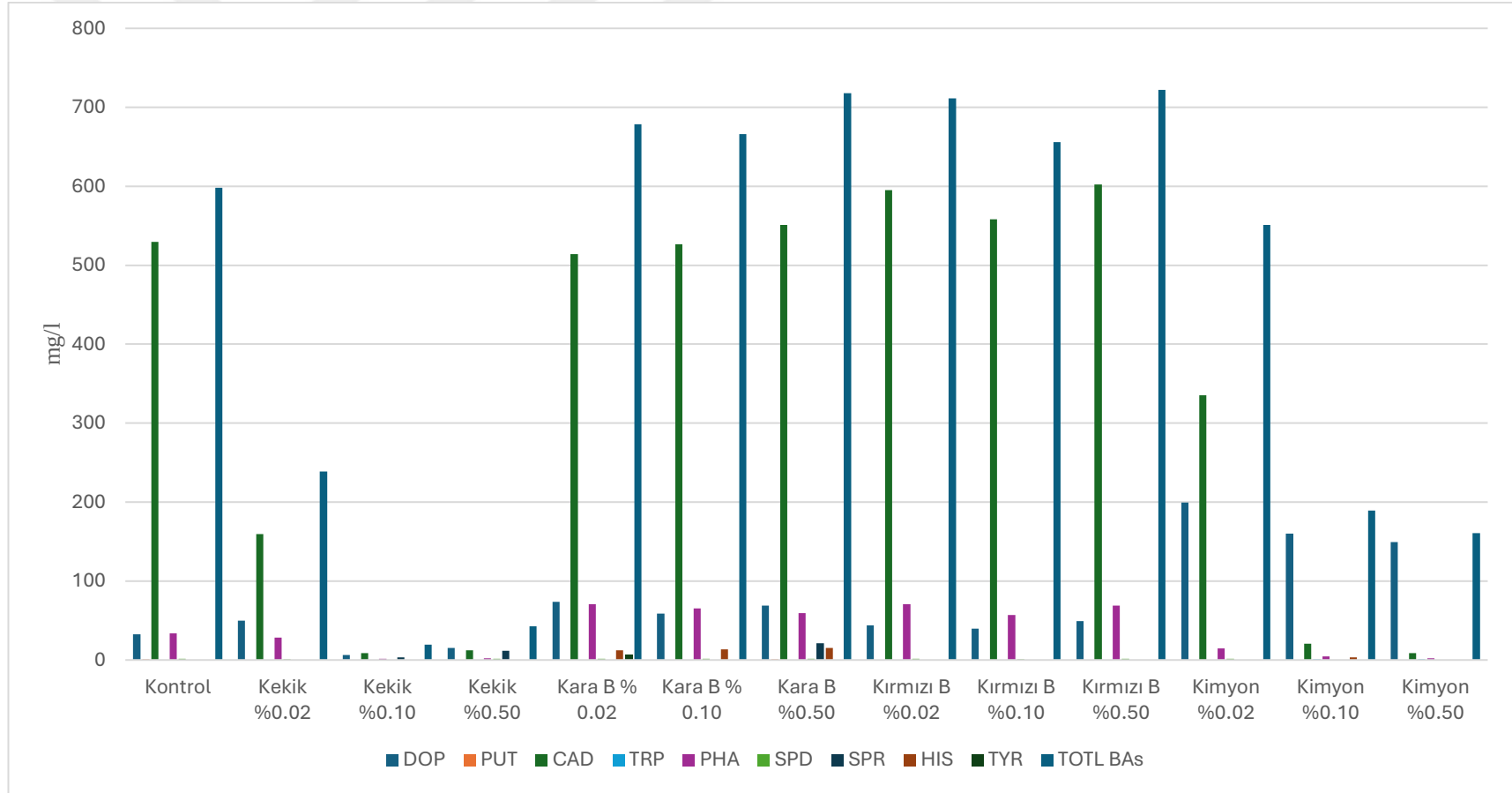
Şekil 4.30. LDS’nda *E. faecalis* tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)

DOP: dopamin, PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHEN: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT BA: toplam biyojen aminler.



Şekil 4.31. LDS’nda *P. aeruginosa* tarafından oluşan biyogen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)

DOP: dopamin, PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHEN: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT BA: toplam biyogen aminler.



Şekil 4.32. LDS’nda *K. pneumoniae* tarafından oluşan biyogen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)

DOP: dopamin, PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHEN: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT BA: toplam biyogen aminler.

P. aeruginosa için kekik özütü farklı konsantrasyonlarda değişken bir etki göstermiştir (Şekil 4.31). Yüksek konsantrasyonlarda (%0.1 ve %0.5) DOP, HIS, TYR ve toplam BA miktarının azalmasına neden olduğunu gösterilirken, %0.02 kekik özütünün ise CAD ve toplam BA miktarını uyardığı sonucuna varılmıştır. Karabiber özütü DOP, CAD ve toplam BA miktarı gibi BA'lerin miktarını artırmıştır. Kırmızı biber özütü anlamlı bir şekilde CAD oluşumunu artırırken DOP oluşumunu tüm konsantrasyonlarda inhibe etmiştir. Kimyon özütü ise konsantrasyona bağlı olarak hem inhibitör hem de uyarıcı etkiler göstermiş, örneğin, %0.02 konsantrasyonda PHEN ve HIS'ı artırırken CAD'i yüksek konsantrasyonlarda azaltmıştır.

K. pneumoniae, kekik özütüne karşı değişken yanıtlar sergilemiş, %0.02'de DOP'i uyarılmış ve kekiğin özütünün tüm konsantrasyonlarda CAD'i inhibe etmiştir (Şekil 4.32). Karabiber, tüm konsantrasyonlarda tutarlı bir şekilde BA üretimini artırmıştır. Kırmızı biber kullanıldığında DOP, CAD, PHEN ve toplam BA'ler belirgin şekilde yükselmiştir. Kimyon özütü, özellikle DOP oluşumunu uyarmıştır ancak daha yüksek konsantrasyonlarda (%0.1 ve %0.5) CAD, PHEA ve toplam BA gibi üretimleri inhibe etmiştir.

Křížek vd. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada sardalya dilimlerine kekik yağı eklemenin etkisi incelenmiş ve bu çalışmada kekik yağının depolama süresince sardalya filetolarında CAD oluşumunu ortalama %15'e kadar bastırdığı sonucuna varılmıştır. Bu durum, kekik özütlerinin LDS'nda BA oluşumunu engellemede ve azaltmada önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Kramer ve Liston (1987), *Enterobacteriaceae* familyalarına ait birçok bakteri türünün lisin dekarboksilaz enzimlerine sahip olduğunu bildirmiştir. Tez çalışması kapsamında yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar *Enterobacteriaceae* familyalarında lisin dekarboksilazı bulunmasıyla ilgili (Kramer ve Liston 1987)'in bulgularını destekleme eğilimindedir.

Xinjiang'daki geleneksel at eti sosislerinde BA birikimi üzerinde kekik yağının etkileri incelenmiştir. Kekik esansiyel yağının eklenmesi, özellikle TYR, PUT, CAD ve HIS olmak üzere BA seviyelerinde azalmaya neden olmuştur. Ayrıca, yağ genel bakteri sayısında ve özellikle de Gram-negatif *Enterobacteriaceae* azalma sağlamıştır. Sosislerdeki BA oluşumunu engelleyen aktif antimikrobiyal bileşenler olarak karvakrol ve timol tanımlanmıştır. Bu bulgular, kekik esansiyel yağının et ürünlerindeki BA birikimini azaltma ve mikrobiyal büyümeyi kontrol etme potansiyelini vurgulamaktadır (Al Bayatı ve Cengiz 2024; Burt 2004; Huang vd. 2021; Křížek vd. 2018).

Kimyon yağı üzerine yapılan bir çalışmada bu yağın *E. coli*, *S. aureus* ve *L. monocytogenes*'e karşı daha güçlü antimikrobiyal aktivite sergilediği bildirilmektedir (Li ve Jiang 2004). Ayrıca Bulgaristan'dan elde edilen *C. cyminum*'un uçucu yağının, *Aspergillus niger*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus epidermidis*, *Saccharomyces cerevisiae mayası* ve *Candida albicans*'a karşı (Jirovetz vd. 2005) Tunus'tan elde edilen *C. cyminum*'un uçucu yağı, *Vibrio* türlerine (Hajlaoui vd. 2010) karşı, Türk kimyonunun ise hidrosolleri, bazı test bakterilerine karşı antimikrobiyal aktivitelere sahip olduğu literatürde yer almaktadır (Sağdıç ve Özcan 2003). Kimyonun mikrobiyal büyümeyi inhibe etme yeteneği, özellikle dekarboksilaz enzimlerinin ürünlerini büyük ölçüde engelleyerek amino asitlerin BA'ye dönüşümünde rol oynayan ana enzimlerin aktivitesini önlemesi yoluyla meydana geldiği ön görülmektedir. Dolayısıyla, ortamda bulunan bu mikroorganizmaların inhibe edilmesi BA oluşumunu önemli ölçüde azaltabilecektir.

Yapılan tez çalışmasında SKA-CO₂ yöntemi ile elde edilen farklı bitki özütlerinin bir dekarboksilaz besiyerinde BA oluşumu üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. BA'ler, amino asitlerin dekarboksilasyonu ile oluşan organik azot bileşikleridir ve bunların varlığı gıda kalitesi ve güvenliği açısından önemli bir faktördür. Çalışma, özellikle kekik, kırmızı biber, karabiber ve kimyon özütlerinin çeşitli konsantrasyonlarda (%0, %0,02, %0,1 ve %0,5) etkilerini değerlendirmeye odaklanmıştır. Bu özütlerin etkisini belirlemek için, tirosin, histidin, ornitin ve lisin dekarboksilaz besiyerine farklı konsantrasyonlarda bu özütler eklenerek bir dizi deney yapılmıştır. Bu muamele edilen örneklerdeki BA oluşumu ölçülmüş ve özüt içermeyen kontrol örnekleri (%0 özütler kontrol olarak) ile karşılaştırılmıştır. Analizler, sonuçların güvenilirliğini ve geçerliliğini sağlamak için istatistiksel yöntemler kullanılarak titizlikle gerçekleştirilmiştir.

Çalışmalar sonucunda elde edilen bulgular hem kekik hem de kimyon özütlerinin BA oluşumunu önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir. İstatistiksel analizler, bu özütlerin en belirgin etkilerinin yüksek konsantrasyonlarda (%0,1 ve %0,5) olduğunu ortaya koymuştur. Bu, kekik ve kimyon özütlerinin besiyerindeki konsantrasyonu arttıkça, BA oluşumunun kontrol grubuna kıyasla önemli ölçüde azaldığı anlamına gelmektedir. Test edilen iki özüt arasında, kekik özütünün istatistiksel anlamda BA oluşumu üzerinde kimyondan daha fazla etkiye sahip bulunduğu sonucuna varılmıştır ($p < 0.05$).

Çalışma ayrıca, özellikle *E. coli* gibi bazı bakterilerin, bu özütlere maruz kaldığında ortamda daha düşük hatta tanımlanamayacak düzeyde BA oluştuğuna işaret etmektedir. Tezde bu nedenle gerçek numune denemelerinde numunelerin kontamine edilmesi çalışmalarında referans mikroorganizma olarak *E. coli* seçilmiştir. *E. coli* aynı zamanda kümes hayvanları etinde en yaygın bulunan bakterilerden biridir ve bu bağlamda gıda güvenliği açısından önemli bir risk kaynağıdır. Kümes hayvanlarında *E. coli* varlığı, gıda kaynaklı hastalıklara ve bozulmaya yol açabilir, bu da etkili kontrol önlemlerine olan ihtiyacı vurgulamaktadır.

Sonuçlar göz önüne alındığında, kekik özütünün BA oluşumunu inhibe etmede kimyondan biraz daha etkili olması nedeniyle, kekik özütünün gerçek numunelerde test edilmesi kararlaştırılmıştır. Araştırmanın bir sonraki aşaması, kekik özütünün özellikle et numunelerinin soğuk depolanması sırasında *E. coli*'nin etkilerini incelemek amacıyla tavuk etine uygulamasını kapsamaktadır. Böylelikle tavuk etinin depolandığı ve potansiyel olarak bakteriyel kontaminasyona maruz kaldığı gerçek ortam koşullarının simüle edilmesi amaçlanmıştır.

Tavuk etinde *E. coli*'ye odaklanarak, kekik özütünün BA üretimi, bakteriyel aktivite ve et kalitesi üzerindeki etkilerinin soğuk depolama koşullarında nasıl etkileyebileceğini aşağıdaki başlıklarda incelenmiştir. Tavuk etinin depolama sırasında kalitesini ve güvenliğini korumanın kritik bir risk olduğu otoriteler tarafından gıda endüstrisi için bildirilmektedir. Çalışma sonuçlarının gıda numunelerinde BA oluşumunun engellenmesinde ve bunun yanında et kalitesinin artırılmasında doğal bitki özütlerinin kullanılması ve böylelikle halk sağlığının korunmasına katkılar sağlaması ümit edilmektedir.

4.6. Et Numunelerinde Kalite Analizleri

4.6.1. Et numunelerinde biyojen amin oluşumu ve bitkisel özütlerin etkileri

BA'ler, gıda depolama sırasında oluşabilen ve gıda kalitesi ile güvenliğinin göstergeleri olabilen organik bileşiklerdir. Bu kapsamda gerçekleştirilen çalışmalarda hazırlanan et numunesine, önceki çalışmalar sırasında en yüksek düzeyde BA oluşumuna neden olduğu belirlenen *E. coli* mikroorganizması et numunesine inoküle edilmiş ve ardından farklı konsantrasyonlarda BA'ler üzerine en yüksek düzeyde etki gösterdiği belirlenen kekik özütünün farklı konsantrasyonları eklenerek kontrol grubuna karşı farklı depolama sıcaklıklarında ve sürelerinde oluşan BA'lerin tür ve düzeyleri tespit edilmiştir. Kekik özütünün 4°C'de 8 gün boyunca saklanan tavuk etinde BA oluşumuna etkisi hem *E. coli* varlığında hem de yokluğunda araştırılmış ve elde edilen bulgular Çizelge 4.12'de sunulmuştur.

Elde edilen bulgulara göre; depolama süresinin başlangıcında (0. gün), PUT seviyeleri 3.93 mg/kg iken, CAD, TRP, PHA ve HIS tespit edilmemiştir (0 mg/kg). SPD ve SPR seviyeleri sırasıyla 10.40 mg/kg ve 12.60 mg/kg olarak tespit edilmiştir. TYR düşük seviyelerde (0.50 mg/kg) belirlenirken toplam BA'ler (TOT BA) 27.43 mg/kg, BAI 4.44 mg/kg ve kalite indeksi (QI) 0.16 mg/kg olarak kaydedilmiştir. 0. günden 8. güne kadar tüm örneklerde genel bir BA seviyelerinde artış eğilimi gözlemlenmiş, ancak bu artış, *E. coli*'nin varlığına ve kullanılan kekik özütü konsantrasyonuna bağlı olarak değişmiştir. Örneğin, PUT seviyeleri, *E. coli*'nin bulunduğu koşullarda, yokluğuna kıyasla yükselmektedir. Bu durum, *E. coli*'nin PUT, CAD ve diğer BA oluşumuna katkıda bulunabileceğini göstermektedir. Depolama süresi 2. gününde, BA seviyelerinde değişiklikler gözlemlenmeye başlanmıştır. Örnek olarak, kontrol örneklerinde CAD seviyeleri 0'dan 5.22 mg/kg'a yükselirken, kekik özütünün daha yüksek konsantrasyonlarında (%0.5 konsantrasyonunda 3.63 mg/kg) bu seviyeler daha düşük göstermiştir. Öte yandan, PUT seviyeleri kontrol örneklerinde 3.93 mg/kg'den 10.05 mg/kg'a yükselmiş, ancak 4 gün depolama süresi sonunda kekik özütü kullanımı ile anlamlı bir etki göstermemiştir. 4. günde, tüm örneklerde belirgin bir TOT BA artışı gözlenmiş, ancak yine de daha yüksek kekik özütü konsantrasyonları bu artışı baskılamıştır. Örneğin, kontrol örneklerinde TOT BA 68.34 mg/kg iken, 0.5% kekik özütü konsantrasyonu ile bu değer 41.05 mg/kg'a düşmüştür. 6. gün ve sonrasında, kekik özütü içeren örneklerde BA seviyeleri genel olarak kontrol örneklerine kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Örneğin, 6. gün HIS seviyeleri kontrol örneklerinde 6.60 mg/kg iken, %0.5 kekik konsantrasyonu içeren örneklerde sadece 2.43 mg/kg olduğunu tespit edilmiştir. 8. günde, kontrol örnekleri kekik özütü ile muamele edilen örneklerle kıyasla önemli ölçüde daha yüksek TOT BA göstermiş, bu da kekik özütünün zamanla BA oluşumunu etkin bir şekilde azalttığını göstermiştir. CAD, PUT, HIS ve TYR seviyeleri de zamanla artış eğilimi göstermiş, ancak depolama süresinin sonunda daha yüksek kekik özütü konsantrasyonları ile muamele edilen örneklerde genellikle daha düşük BA göstermiştir. Bu durum, kekik özütünün BA oluşumu üzerinde engelleyici bir etkiye sahip olabileceğine işaret etmektedir.

Çizelge 4.12. *E. coli* mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin 4±1 °C farklı günlerde depolanması sürecinde biyojen amin düzeylerindeki değişim (mg/l).

Gün	Kon.	PUT	CAD	TRP	PHEN	SPD	SPR	HIS	TYR	TOT BA	BAI	QI
0.	A	3.93±0.15 aD	0.00±0.00 aE	0.00 ±0.00 aC	0.00±0.00 aC	10.40±0.92 aB	12.60±0 aB	0.00±0.00 aE	0.50±0.06 aE	27.44±0.09 aE	4.44±0.09 aE	0.16±0.01 aE
	B	3.93±0.15 aD	0.00±0.00 aE	0.00±0.00 aB	0.00±0.00 aB	10.40±0.92 aB	12.60±0 aB	0.00±0.00 aD	0.50±0.06 aE	27.44±0.09 aE	4.44±0.09 aE	0.16±0.01 aE
	C	3.93±0.15 aD	0.00±0 aE	0.00±0.00 aB	0.00±0.00 aA	10.40±0.92 aA	12.60±0 aB	0.00±0.00 aC	0.50±0.06 aD	27.44±0.09 aD	4.43±0.09 aD	0.16±0.01 aE
	D	3.93±0.15 aD	0.00±0 aE	0.00±0.00 aA	0.00±0.00 aB	10.40±0.92 aA	12.60±0 aA	0.00±0.00 aC	0.50±0.06 aC	27.44±0.09 aE	4.43±0.09 aD	0.16±0.01 aD
	E	3.93±0.15 aD	0.00±0 aE	0.00±0.00 aA	0.00±0.00 aB	10.40±0.92 aABC	12.60±0 aD	0.00±0.00 aE	0.50±0.06 aE	27.44±0.09 aE	4.44±0.09 aE	0.16±0.01 aE
	F	3.93±0.15 aD	0.00±0 aE	0.00±0.00 aA	0.00±0.00 aB	10.40±0.92 aB	12.60 ±0aC	0.00±0.00 aD	0.50±0.06 aE	27.44±0.09 aE	4.44±0.09 aE	0.16±0.01 aD
	G	3.93±0.15 aD	0.00±0 aE	0.00±0.00 aA	0.00±0.00 aA	10.40±0.92 aB	12.60±0 aB	0.00±0.00 aC	0.50±0.06 aD	27.44±0.09 aD	4.44±0.09 aE	0.16±0.01 aE
	H	3.93±0.15 aD	0.00±0 aE	0.00±0.00 aA	0.00±0.00 aB	10.40±0.92 aB	12.60±0 aB	0.00±0.00 aC	0.50±0.06 aC	27.44±0.09 aD	4.44±0.09 aD	0.16±0.01 aD
2.	A	3.22±0.08 bD	5.22±0.38 bD	0.00.00 ±0aC	0.00±0.00 aC	9.57±0.11 dB	10.05±0.09 bC	1.70±0.15 bD	3.16±0.08 bD	32.93±0.33 cD	13.30±1.21 bD	0.49±0.01 bcD
	B	3.34±0.11 bD	5.34±0.11 bD	0.00±0.00 aB	0.00±0.00 aB	9.46±0.12 deC	8.53±0.25 cD	1.10±0.12 cC	2.96±0.12 bD	30.76±0.25 cdD	12.75±1.29 bD	0.51±0.01 abD
	C	2.54±0.26 cE	4.54±0.26 cD	0.00±0.00 aB	0.00±0.00 aA	9.02±0.16 eB	7.51±0.17 dE	0.00±0.00 dC	0.00±0.00 cD	23.62±0.78 fD	7.09±0.52 dD	0.40±0.03 dD
	D	1.63±0.14 dD	3.63±0.14 dC	0.00±0.00 aA	0.00±0.00 aB	10.30±0.12 bcA	8.23±0.31 cdC	0.00±0.00 dC	0.00±0.00 cC	23.81±0.6 fD	5.27±0.27 eD	0.27±0.01 eD
	E	4.26±0.1 aD	6.26±0.23 aD	0.00±0.00 aA	0.00±0.00 aB	10.68±0.13 bBC	11.86±0.11 aD	2.04±0.18 aD	3.79±0.1 aD	38.91±2.39 aD	16.36±1.25 aD	0.53±0.01 abD
	F	4.41±0.14 aD	6.41±0.14 aD	0.00±0.00 aA	0.00±0.00 aB	10.55±0.14 bB	10.04±0.3 bD	1.32±0.14 cC	3.56±0.14 aD	36.31±2.3 bD	15.71±1.35 aD	0.56±0.01 aC
	G	3.32±0.45 bD	5.32±0.45 bD	0.00±0.00 aA	0.00±0.00 aA	9.87±0.33 cdBC	8.60±0.34 cA	0.00±0.00 dC	0.00±0.00 cD	27.11±1.54 eD	8.64±0.41 cD	0.44±0.03 cdD
	H	2.72±0.18 bcD	4.72±0.18 bcD	0.00±0.00 aA	0.00±0.00 aB	12.20±0.15 aA	10.40±0.4 bC	0.00±0.00 dC	0.00±0.00 cC	30.05±2.78 dD	7.45±0.35 cdC	0.31±0.01 eD

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.12'nin devamı

Gün	Kon.	PUT	CAD	TRP	PHEN	SPD	SPR	HIS	TYR	TOT BA	BAI	QI
4.	A	10.05±0.46 bcC	13.05±0.46 bC	0.000±0.00 ±0aC	0.000±0.00 aC	14.66±0.52 cA	17.77±1.74 bA	2.63±0.18 cC	10.16±0.29 aC	68.35±3.47 cC	35.90±2.64 bC	0.77±0.02 cdC
	B	8.00±0.38 dC	11.00±0.38 cC	0.000±0.00 aB	0.000±0.00 aB	11.38±0.2 dA	14.48±0.67 cA	4.86±0.2 aB	8.60±0.2 bC	58.35±3.12 dC	32.48±2.89 cC	0.89±0.04 bC
	C	7.06±0.18 dC	10.06±0.18 cdC	0.000±0.00 aB	0.000±0.00 aA	8.61±0.88 eBC	15.51±1.2 cA	0.00±0.00 dC	7.20±0.32 cB	48.46 ±1.75 fC	24.33±1.67 fC	0.68±0.02 eC
	D	9.11±0.07 cB	9.11±0.07 dB	0.000±0.00 aA	0.000±0.00 aB	6.30±0.22 fC	10.17±0.36 dB	0.00±0.00 dC	6.33±0.19 cC	41.05±3.35 gC	24.57±1.32 fC	1.04±0.04 aC
	E	16.54±0.6 aC	17.54±0.6 aC	0.000±0.00 aA	0.000±0.00 aB	23.46±0.83 aA	21.44±1.19 aA	3.69±0.25 bC	9.23±0.41 bC	91.92±5.17 aC	47.01±2.82 aC	0.82±0.02 cC
	F	10.43±0.43 bC	13.43±0.43 bC	0.000±0.00 aA	0.000±0.00 aA	20.72±0.37 bA	18.28±0.94 bA	0.00±0.00 dD	10.32±0.25 aC	73.19±4.37 bC	34.19±2.84 bcC	0.59±0.02 fC
	G	9.37±0.2 bcC	12.37±0.2 bC	0.000±0.00 aA	0.000±0.00 aA	15.20±0.42 cA	16.61±1.24 bcA	0.00±0.00 dC	8.64±0.39 bB	62.19±1.28 dC	30.37±2.78 dC	0.66±0.01 eC
	H	9.88±0.07 bcC	8.82±0.07 cC	0.000±0.00 aA	0.000±0.00 aB	12.02±0.32 dA	14.49±1.39 cA	0.00 ±0.00 dC	6.96±0.2 cB	54.25±3.37 eB	27.74±1.35 eB	0.75±0.03 dC
6.	A	16.01±0.44 cB	17.01±0.44 cB	1.867±0.2 aB	4.433±0.17 aB	8.01±0.48 cdC	10.51±0.38 cdC	6.60±0.26 bB	16.40±0.55 bB	80.85 cB±1.13	56.02±3.61 cB	2.03±0.12 aB
	B	15.16±0.17 cdB	16.16±1.17 cdB	0.000±0.00 bB	0.000±0 aB	7.87±0.31 cdD	10.15±0.5 dC	5.13±0.15 cB	14.10±0.15 cB	68.58±3.61 dB	50.56±3.42 dB	1.91±0.14 abB
	C	13.03±0.41 eB	14.03±1.41 eB	0.000±0.00 bB	0.000±0 cA	7.56±0.34 dC	8.66±0.32 eD	3.30±0.15 deB	11.60±0.26 dB	58.20±2.9 eB	41.97±3.06 eB	1.76±0.06 cB
	D	8.21±0.5 fB	9.21±0.50 fB	0.000±0.00 bA	2.367 bA±0.23	7.30±0.27 dB	7.43±0.57 eC	2.43±0.15 fB	8.13±0.46 eA	45.09±2.38 fB	27.98±1.13 fB	1.26±0.08 eB
	E	23.58±0.58 aB	24.58±1.58 aB	0.000±0.00 bA	4.333±0.2 aB	12.01±0.72 aB	18.77±1.57 aB	9.90±0.4 aB	18.08±0.66 aB	111.26±7.41 aB	76.14±5.75 aB	1.82±0.09 bcB
	F	18.52±0.19 bB	19.52±1.19 bB	0.000±0.00 bA	0.000±0.00 cB	10.23±0.41 bB	15.00±0.66 bB	6.67±0.19 bB	18.93±0.2 aB	88.89±4.75 bB	63.65±4.5 bB	1.70±0.12 cB
	G	14.30±0.44 deB	15.30±1.44 deB	0.000±0.00 bA	0.000±0.00 cA	9.07±0.4 bcC	11.60±0.98 cC	3.96±0.18 dB	14.32±0.32 cB	68.56±4.97 dB	47.88±3.16 dB	1.54±0.09 dB
	H	7.82±0.49 fA	10.88±0.49 fB	0.000±0.00 bA	0.000±0.00 cB	8.03±0.3 cdC	8.77±0.68 eD	2.67±0.16 efB	9.14±0.51 eA	45.28±3.17 fC	28.47±1.13 fB	1.08±0.07 fB

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.12'nin devamı

Gün	Kon.	PUT	CAD	TRP	PHEN	SPD	SPR	HIS	TYR	TOT BA	BAI	QI
8.	A	23.81±1.03 bA	22.81±1.03 bA	2.90±0.17 aA	7.13±0.19 aA	7.10±0.14 cC	10.51±0.97 cC	9.41±0.52 cA	22.70±0.98 abA	106.38±7.61 bA	78.73±4.62 bA	3.01±0.14 aA
	B	19.31±0.66 cA	18.31±1.66 deA	1.90±0.06 bA	2.53±0.38 cA	6.87±0.11 cE	9.94±0.86 cC	7.90±0.36 dA	18.36±0.64 cdA	85.14±5.55 dA	63.89±5.26 cA	2.55±0.17 bA
	C	17.06±0.37 cA	21.39±1.63 bcA	1.63±0.19 bA	0.00±0 dA	5.74±0.17 dD	10.41±0.25 cC	6.16±0.15 eA	15.83±0.86 dA	78.25±4.75 eA	60.46±5.76 cA	2.60±0.11 bA
	D	10.35±0.65 dA	12.35±1.75 fA	0.00±0.00 cA	0.00±0 dB	5.25±0.27 dD	8.20±0.25 dC	3.80±0.32 fA	8.33±0.41 eA	48.30±3.99 gA	34.84±2.39 eA	1.84±0.12 cA
	E	31.31±1.3 aA	32.31±1.3 aA	0.00±0.00 cA	4.96±0.38 bA	9.95±0.19 aC	16.31±1.37 aC	15.06±0.83 aA	24.24±1.18 aA	134.16±10.03 aA	102.93±9.68 aA	2.88±0.17 aA
	F	22.48±0.81 bA	21.48±1.81 bcA	0.00±0.00 cA	3.03±0.23 cA	8.24±0.13 bC	12.73±0.99 bC	11.06±0.5 bA	20.71±0.9 bcA	99.76±6.29 cA	75.74±6.53 bA	2.50±0.17 bA
	G	17.67±0.76 cA	19.35±1.42 cdA	0.00±0.00 cA	0.00±0 dA	6.89±0.2 cD	13.29±1.03 bB	7.40 ±0.17 deA	19.00±1.03 cA	83.62±4.8 dA	63.43±1.9 cA	2.09±0.16 cA
	H	12.42±0.87 dA	16.42±1.87 eA	0.00±0.00 cA	4.40±0.15 bA	5.78±0.29 dD	10.72±0.83 cC	4.18±0.35 fA	9.16±0.45 eA	63.10±2.41 fA	42.19±3.83 dA	1.89±0.13 cA

Kon: konsantrasyon, A: (Kontrol), B: (Kontrol + 0.10%), C: (Kontrol + 0.25%), D: (Kontrol + 0.50%), E: (İnoküle), F: (İnoküle + 0.10%), G: (İnoküle + 0.25%), H: (İnoküle + 0.50%)., PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHEN: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT biyojen aminler: toplam biyojen aminler, BAI: biyojen amin indeksi, QI: Kalite indeksi. Tablodaki sayılar ortalama ve standart hatayı temsil etmektedir. Küçük harfler özüt konsantrasyonlarının etkisini, büyük harfler ise depolama sürelerinin etkisini temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$).

Ayrıca, sonuçlar *E. coli* bakterisi eklenen örneklerin kontrol grubuna kıyasla daha yüksek BA seviyelerine sahip olduğunu ve kekik özütünün bu aminlerin oluşumuna etkili olduğunu göstermiştir. Veriler, BA'lerinin zamanla arttığını, ancak özellikle daha yüksek konsantrasyonlarda kekik özütü içeren örneklerde daha düşük olduğunu göstermektedir. Muhtemelen BA seviyeleri ve diğer faktörlere dayanan genel et kalitesini değerlendiren Kalite İndeksi, depolama süresi boyunca beklenen bir bozulmayı göstermektedir; ancak bu bozulma kekik özütünün varlığıyla hafifletilmektedir. Sonuç olarak, elde edilen bulgular, özellikle daha yüksek konsantrasyonlarda kekik özütünün, 4°C'de saklanan tavuk etinde BA oluşumunu azaltabileceğini ve potansiyel olarak gıda güvenliği ve kalitesini, *E. coli* bakterisinin varlığında bile, iyileştirebileceğini göstermektedir.

Çok sayıda bilimsel çalışma depolama dönemleri boyunca tavuk etlerinde TYR, HIS, CAD ve PUT seviyelerinde artış olduğunu ve eşzamanlı olarak SPR ve SPM seviyelerinde azalma olduğunu göstermiştir (Tamim ve Doerr 2003). PUT ve CAD içeriğinde doğrusal bir artış, SPR ve SPM içeriğinde ise azalma olduğu rapor edilmektedir (Lázaro vd. 2015). Genel olarak, bu sonuçlar çalışmamızda elde edilen bulgularla uyumludur. Etlerin depolama koşullarında BA seviyeleri geniş bir aralıkta tespit edilebilmektedir. BA konsantrasyonunu etkileyen en önemli parametre başlangıçtaki mikrobiyal yüküdür. Bunun yanı sıra, etin veya ürünün türü, etin elde edildiği hayvanın yaşı ve ırkı da BA seviyelerini etkileyebilir. Bu nedenle, BA seviyelerini karşılaştırırken bu faktörlerin dikkate alınması önemlidir. (Höll vd. 2019).

Saklama süreleri boyunca HIS, CAD ve SPR için önemli farklılıklar gözlemlenmiş olup, göğüs etinde en yüksek seviyeler saklamanın 6. gününde kaydedilmiş ve tüm saklama süreleri boyunca göğüs eti örneklerinde BA'lerin ortalama seviyeleri arasında önemli farklılıklar gözlemlenmiştir (Saewan vd. 2021b). Bir diğer çalışmada incelenen kekik yağı özütü içeren tavuk eti örneklerindeki TYR içerikleri, kontrol örneğine göre daha düşük bulunmuştur. Depolama süresi boyunca en yüksek TYR seviyesi kontrol örneğinde gözlemlenirken, en düşük TYR oluşumu %0.5 kekik yağı özütü içeren örnekte tespit edilerek bu doğal antioksidan özütlerin eklenmesinin, incelenen tavuk eti örneklerindeki TYR oluşumunu azalttığı sonucuna varılmıştır (Ruiz-Capillas ve Jiménez-Colmenero 2004). Depolama süresi boyunca tüm incelenen tavuk örneklerinde HIS konsantrasyonlarının arttığı bildirilmiştir. HIS seviyesinin en yüksek kontrol örneğinde olduğu gözlemlendiği çalışmada kekik özütleri ile muamele edilen tavuk eti örneklerinde, kontrol örneğine kıyasla 8. günde HIS seviyelerinde önemli bir azalma kaydedilmiştir. 4°C'de depolanan tavuk eti örneklerine eklenen test edilmiş özütler, BA'lerin oluşumunu önemli ölçüde etkilemiştir. Kekik, genel olarak, fenolik bileşik içerikleri nedeniyle antimikrobiyal yetenekleri ile bilinir. Fenolik bileşiklerin antimikrobiyal etkisi için olası mekanizmalar arasında mikrobiyal hücre geçirgenliğini değiştirme, elektron taşınması, besin alımı, protein ve nükleik asit sentezi ve enzim aktivitesi dahil olmak üzere zar fonksiyonuna müdahale; zar proteinleri ile etkileşime girerek yapı ve fonksiyonellikte bozulmalara neden olma ve fenol çekirdeğine alkil grupları ekleme yer almaktadır (Zhang vd. 2010). Çalışmamızda, kekik ekstraktlarının et örneklerindeki BA azaltma yeteneği, bu BA oluşumunun birincil nedeni olan mikroorganizmaları inhibe etme kapasitesine bağlanılmıştır.

Çizelge 4.13'te, *E. coli* bakterisinin eklenmiş ve 15°C'de 4 gün boyunca depolanmış tavuk kıyması numunesinde farklı konsantrasyonlarda (%0.1, 0.25, 0.5) kekik özütünün BA'lerin oluşumu üzerine etkisi ve kalite indeksine etkisini göstermektedir.

Elde edilen bulgular, kekik özütünün BA oluşumunu önemli ölçüde inhibe ettiğini göstermektedir. Özellikle, %0.5 konsantrasyonu, yalnız başına ve *E. coli* ile birlikte (%0.5 içinde), BA'lerin en fazla azaldığı ve kalite indeksinin düşük olduğunu göstermiştir. Ayrıca, 4. gün PUT seviyeleri, E grubunda olanlardan (16.12 mg/kg) %0.5 içindeki örnekte (H) 7.71 mg/kg'a düşmüştür. Benzer şekilde, TOT BA ve BAI değerlerinin yüksek kekik ekstraktı konsantrasyonlarıyla, özellikle %0.5 (D) seviyesinde (31.65 ve 19.05 mg/kg), kontrol (A) grubuna (64.77 mg/kg ve 42.79 mg/kg) kıyasla önemli ölçüde daha düşük olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte, farklı konsantrasyonlardaki özütlerin etkisi HIS ve TYR oluşumuna da etki etmiş, yüksek özüt konsantrasyonlarının BA oluşumunu en fazla inhibe ettiği gözlemlenmiştir. BAI sonuçları aynı zamanda ürünün raf ömrünün arttığına işaret etmekle birlikte, özüt konsantrasyonunun artmasıyla bu indeks değerinde artışlara neden olmuştur. Özellikle %0.5 özüt konsantrasyonu, hem *E. coli*'nin varlığında hem de yokluğunda kalite açısından diğer konsantrasyonlara göre daha iyi sonuçlar ürettiği bulunmuştur. Tüm konsantrasyonlar, BA oluşumu açısından kontrol grubu ve *E. coli* eklenmiş kontrol grubuyla karşılaştırıldığında önemli farklılıklar göstermiştir.

Elde edilen sonuçlar, kekik özütünün güçlü antimikrobiyal ve koruyucu etkilerini, BA oluşumunu minimumda tutma ve et kalitesini koruma konusundaki etkisini göstermiştir. Genel olarak, bu bulgular kekik özütünün BA'lerin oluşumunu azaltmada bazı inhibitör etkileri olabileceğini göstermiştir, ancak bu etki *E. coli* bakterisi varlığında daha az belirgin olmaktadır. Gerçekleştirilen bir çalışmada kekik yağı, PUT, CAD ve TYR oluşumunu etkili bir şekilde baskılamış, ayrıca, kekik yağı ile muamele edilen balık örneklerinde triptamin tespit edilmemiş ve kekik yağı uygulaması örneklerin raf ömrünü 6 kat uzatmıştır (Křížek vd. 2018). Diğer bir çalışmada, kekik yağı özütü içeren salam örneklerinde, kontrol örneğine kıyasla BA'lerin oluşumunda önemli ölçüde azalma gözlemlenmiştir. Bu çalışma, salam işleme sırasında doğal antioksidan olarak kekik yağı özütü ilavesinin kaliteyi artırabileceğini ve daha güvenli bir ürün sağlayabileceğini göstermiştir (Abu-Salem vd. 2011).

Tez çalışması kapsamında, tavuk eti kıyma numunelerinde BA konsantrasyonlarının depolama sıcaklığına ve süresine bağlı olarak değişiklikler meydana gelmiştir. DOP, CAD, PUT, TYR ve HIS düzeylerinde değişikliklere yol açmıştır. Bu bulgular, (Balamatsia vd. 2006) tarafından yapılan çalışmanın sonuçları ile uyumlu olarak bulunmuştur. İlgili çalışmada ayrıca, tavuk etinde duyuşal değişiklikler, mikroflora ve BA'ler arasındaki ilişki incelenmiş ve TYR konsantrasyonlarının düşük kaldığını, PUT ve CAD konsantrasyonlarının depolama süresince lineer olarak arttığı bildirilmiştir. Buna ilave olarak soğuk depolama şartlarında tavuk eti örneklerindeki TRP ve PHEA konsantrasyonlarında önemli bir değişiklik olmadığı belirtilmiştir (Balamatsia vd. 2006; Silva ve Glória 2002). Bildirilen sonuçlar, çalışmamızda elde edilen bulgularla uyumludur, depolamanın sonunda TRP ve PHEA üretimi çok düşük seviyelerde kalmış ve 2.5 mg/kg'ı geçmemiştir.

Çizelge 4.13. *E. coli* mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin 15±1 °C farklı günlerde depolanması sürecinde biyojen amin düzeylerindeki değişim (mg/l)

Gün	Kon.	PUT	CAD	TRP	PHA	SPD	SPR	HIS	TYR	TOT BA	BAI	QI
0	A	3.93±0.15 aC	0.00±0.00 aC	0.00±0.00 aB	0.00±0.00 aB	10.40±0.23 aA	12.60±0.49 aA	0.00±0.00 aC	0.50±0.06 aC	27.43±0.09 aC	4.43 ±0.09 aC	0.16±0.01 aC
	B	3.93±0.15 aC	0.00±0.00 aC	0.00±0.00 aA	0.00±0.00 aA	10.40±0.29 aA	12.60±0.49 aA	0.00±0.00 aC	0.50±0.06 aC	27.43±0.09 aC	4.43 ±0.09 aC	0.16±0.01 aC
	C	3.93±0.15 aC	0.00±0.00 aB	0.00±0.00 aA	0.00±0.00 aA	10.40±0.2 aA9	12.60±0.49 aA	0.00±0.00 aC	0.50±0.06 aC	27.43±0.09 aB	4.43 ±0.09 aC	0.16±0.01 aC
	D	3.93±0.15 aB	0.00±0.00 aC	0.00±0.00 aA	0.00±0.00 aA	10.40±0.29 aA	12.60±0.49 aA	0.00±0.00 aB	0.50±0.06 aC	27.43±0.09 aB	4.43 ±0.09 aC	0.16±0.01 aC
	E	3.93±0.15 aC	0.00±0.00 aC	0.00±0.00aB	0.00±0.00 aB	10.40±0.29 aA	12.60±0.49 aA	0.00±0.00 aC	0.50±0.06 aC	27.43±0.09 aC	4.43 ±0.09 aC	0.16±0.01 aC
	F	3.93±0.15 aC	0.00±0.00 aC	0.00±0.00 aA	0.00±0.00 aA	10.40±0.29 aA	12.60±0.49 aA	0.00±0.00 aC	0.50±0.06 aC	27.43±0.09 aC	4.43 ±0.09 aC	0.16±0.01 aC
	G	3.93±0.15 aB	0.00±0.00 aC	0.00±0.00 aA	0.00±0.00 aA	10.40±0.29 aA	12.60±0.49 aA	0.00±0.00 aB	0.50±0.06 aC	27.43±0.09 aC	4.43 ±0.09 aC	0.16±0.01 aC
	H	3.93±0.15 aB	0.00±0.00 aC	0.00±0.00 aA	0.00±0.00 aA	10.40±0.29 aA	12.60±0.49 aA	0.00±0 aB	0.50±0.06 aC	27.43±0.09 aB	4.43 ±0.09 aC	0.16±0.01 aC
2	A	9.93±0.08 abB	10.24±0.08 bB	0.36±0.00 aB	0.16±0.00 aB	9.24±0.81 bcA	11.24±0.49 bB	1.70±0 abB	4.16±0.16 aB	47.04±0.29 bB	26.04 ±0.09 aB	1.02±0.05 abcB
	B	7.50±0.11 cdA	8.04±0.11 cB	0.00±0.00 bA	0.00±0.00 bA	7.93±0.82 dB	9.93±0.95 cB	1.10±0.82 cB	3.96±0.22 abB	39.91±3.95 cB	22.04 ±0.99 bB	0.95±0.02 bcB
	C	8.26±0.26 cA	8.23±0.26 cA	0.00±0.00 bA	0.00±0.00 bA	9.46±0.86 bA	6.46±0.87 deB	2.13±0.7 aB	3.05±0.11 cB	37.61±1.48 cA	21.68 ±1.22 bB	1.10±0.03 aB
	D	6.00±0.14 dA	6.00±0.14 dA	0.00±0.00 bA	0.00±0.00 bA	6.83±0.82 eB	5.83±1.01 eB	0.40±0.7 dB	2.10±0.16 dB	27.17±1.3 dB	14.50 ±0.97 dB	0.90±0.01 cdB
	E	11.133±0.1 aB	12.652±0.1 aB	0.000±0.00 bB	0.00±0.00 bB	8.63±0.83 bcdB	13.49±0.81 aA	2.04±0.88 aB	3.79±0.21 abB	51.74±3.09 aB	22.56 ±0.95 bB	0.81±0.01 dB
	F	9.320±0.14 bcB	10.213±0.14 bB	0.000±0.00 bA	0.00±0.00 bA	10.72±0.84 aA	9.76±1 cB	1.32±0.84 bcB	3.56±0.34 bB	44.89 ±1 bB	26.85 ±1.05 aB	1.08±0.01 abB
	G	8.720±0.45 bcA	8.527±0.45 cB	0.000±0.00 bA	0.00±0.00 bA	8.29±1.03 cdB	11.48±1.04 bB	0.30±0.7 dB	2.21±0.12 dB	39.53 ±2.24 cB	21.44 ±1.6 bB	0.92±0.03 cdB
	H	6.053±0.18 dA	5.600±0.18 dB	0.000±0.00 bA	0.00±0.00 bA	6.51±0.85 eB	7.07±1.1 dB	0.50±0.7 dB	1.81±0.07 dB	27.56 ±1.48 dB	16.89 ±1.05 cB	1.03±0.01 abcB

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.13'ün devamı

Gün	Kon.	PUT	CAD	TRP	PHA	SPD	SPR	HIS	TYR	TOT BA	BAI	QI
4.	A	13.00±0.46 bA	15.00±0.46 bA	1.67±0.09 bA	2.88±0.25 aA	5.24±1.22 dB	8.76±1.44 aC	7.63±0.88 bA	10.56±0.39 cA	64.77 ±2.17 bA	42.79 ±1.34 cA	2.14±0.02 bA
	B	8.93±0.38 bcB	11.58±0.38 cA	0.00±0.00 cA	0.00±0.00 cA	7.10±0.9 aB	5.80±1.37 bcC	6.20±0.9 cA	8.99±0.19 dA	47.17 dA±1.82	31.99 ±1.59 eA	1.65±0.04 cA
	C	6.20±0.18 dB	9.30±0.18 deA	0.00±0.00 cA	0.00±0.00 cA	6.53 ±1.58abB	5.46±0.9 cC	4.80±0.7 dA	6.30±0.12 eA	38.60 ±2.45 eA	32.30 ±1.37 eA	2.00±0.02 bA
	D	3.83±0.07 eB	7.90±0.07 eA	0.00±0.00 cA	0.00±0.00 cA	6.20±0.92 bcB	6.40±1.06 bB	2.69±0.7 eC	4.63±0.29 fA	31.65 ±1.05 fA	19.05 ±1.02 gA	1.06±0.01 dA
	E	16.12±0.6 aA	17.47±0.6 aA	2.00 ±0.16 aA	2.31±0.14 bA	6.69±1.53 abC	8.12±1.89 aB	9.69±0.95 aA	14.16±1.11 aA	76.58 ±2.87 aA	57.45 ±1.52 aA	2.73±0.02 aA
	F	12.46±0.43 bA	13.56±0.43 bA	0.00 ±0.00 cA	0.00±0.00 cA	5.66±1.07 cdB	8.66±1.64 aC	7.60±0.45 bA	11.60±0.95 bA	59.56 ±2.07 cA	45.24 ±1.54 bA	2.19±0.02 bA
	G	8.64±0.2 cA	10.56±0.2 cdA	0.00±0.00 cA	0.00±0.00 cA	6.52±1.12 abC	8.52±0.94 aC	6.26±0.47 cA	9.20±1.09 dA	49.70 ±1.98 dA	34.66 ±1.48 dA	1.59 cA±0.01
	H	7.71±0.07 cA	7.66±0.07 eA	0.00±0.00 cA	0.00±0.00 cA	5.96±1.02 bcB	5.55±1.09 cC	4.00±0.37 dA	7.00 ±0.9 eA	37.90 ±1.07 eA	26.38 ±1.05 fA	1.55 cA±0.01

Kon: konsantrasyon, A: (Kontrol), B: (Kontrol + 0.10%), C: (Kontrol + 0.25%), D: (Kontrol + 0.50%), E: (İnoküle), F: (İnoküle + 0.10%), G: (İnoküle + 0.25%), H: (İnoküle + 0.50%), PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHEN: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT BA'ler: toplam biyogen aminler, BAI: biyogen amin indeksi, QI: Kalite indeksi. Tablodaki sayılar ortalama ve standart hatayı temsil etmektedir. Küçük harfler özüt konsantrasyonlarının etkisini, büyük harfler ise depolama sürelerinin etkisini temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$).

Biyojen amin konsantrasyonlarının, et bozulması ve çürüme süreci başlamadan önce belirgin bir şekilde artmadığını bildirilmektedir (Tamim ve Doerr 2003). Tez çalışması CAD, PUT, TYR ve HIS konsantrasyonlarında önemli değişiklikler gözlenmiştir. Sonuçlarımız, etin depolandığı sıcaklıkların 15°C'nin üzerine çıktığında, depolama süresinin dört günü geçmemesi gerektiğine işaret etmektedir.

Etteki BAI limitleri, <5 mg/kg ise taze ve yüksek kalite, 5 ile 20 mg/kg arasında ise kabul edilebilir kalite, 20 ile 50 mg/kg arasında ise düşük kalite ve >50 mg/kg ise bozulma olarak kategorize edilmiştir (Hernández-Jover vd., 1996). Çalışmamızdan elde edilen sonuçlar, biyojen amin indeksinin (4°C) dördüncü güne kadar kabul edilebilir olduğunu göstermiştir. Altıncı gün ise %0.5 kekik özütü içeren örnekler (D ve H grupları) kabul edilebilir sınırlar içinde kalmıştır. Sekizinci gün ise tüm örneklerde kabul edilebilir sınırların aşıldığı gözlemlenmiştir. 15°C saklanan örneklerde, tüm örnekler izin verilen sınırlar içinde kalmış, ancak dördüncü gün A ve B grupları hariç diğer örnekler, BA indeksinin 40 mg/kg'ı aşması nedeniyle düşük kaliteli olarak değerlendirilmiştir.

4.6.2. Kekik özütü ilave edilmiş et numunesinde fizikokimyasal değişimler

4.6.2.1. Serbest yağ asitliği (SYA)

Tez kapsamında yapılan elde edilen bulgulara göre, kekik özütünün, özellikle *E. coli*'nin varlığında, soğuk depolama sırasında tavuk göğsü etinde SYA'larının oluşumunu anlamlı ölçüde engellediği gösterilmiştir (Çizelge 4.14). Başlangıçta, tüm gruplar benzer serbest yağ asidi seviyelerinde (0.31%) seyrederken 4°C'de 8 gün boyunca, %0.5 kekik özütü konsantrasyonu, en etkili olmuş ve serbest yağ asitlerini %3.08'den (A) %2.26'ya (D) kadar düşürmüştü, *E. coli*'nin varlığında, %0.5 kekik özütü konsantrasyonu daha verimli olduğu kanıtlanmış ve 8. gün itibarıyla SYA seviyesi %3.58'den %2.52'ye kadar düşmüştür.

Çizelge 4.14. *E. coli* mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin 4±1°C farklı günlerde depolanması sürecinde SYA değerleri değişimi (%).

Uygulamalar	0. Gün	2. Gün	4. Gün	6. Gün	8. Gün
A	0.31±0.01 ^{aE}	1.50±0.01 ^{cD}	2.14±0.01 ^{cC}	2.69±0.01 ^{cB}	3.08±0.01 ^{cA}
B	0.31±0.01 ^{aE}	1.37±0.00 ^{dD}	1.98±0.01 ^{dC}	2.53±0.02 ^{dB}	2.90±0.01 ^{dA}
C	0.31±0.01 ^{aE}	0.92±0.01 ^{fD}	1.52±0.01 ^{fC}	2.04±0.01 ^{gB}	2.35±0.01 ^{gA}
D	0.31±0.01 ^{aE}	0.89±0.02 ^{gD}	1.47±0.01 ^{gC}	1.95±0.01 ^{hB}	2.26±0.01 ^{hA}
E	0.31±0.01 ^{aE}	1.72±0.01 ^{aD}	2.66±0.01 ^{aC}	3.17±0.01 ^{aB}	3.58±0.01 ^{aA}
F	0.31±0.01 ^{aE}	1.69±0.01 ^{bD}	2.45±0.01 ^{bC}	3.00±0.03 ^{bB}	3.39±0.01 ^{bA}
G	0.31±0.01 ^{aE}	1.24±0.01 ^{eD}	1.98±0.01 ^{dC}	2.50±0.02 ^{eB}	2.87±0.02 ^{eA}
H	0.31±0.01 ^{aE}	0.93±0.01 ^{fD}	1.66±0.02 ^{eC}	2.14±0.01 ^{fB}	2.52±0.01 ^{fA}

A: (Kontrol), B: (Kontrol + 0.10%), C: (Kontrol + 0.25%), D: (Kontrol + 0.50%), E: (İnoküle), F: (İnoküle + 0.10%), G: (İnoküle + 0.25%), H: (İnoküle + 0.50%). Tablodaki sayılar ortalama ve standart hatayı temsil

etmektedir. Küçük harfler özüt konsantrasyonlarının etkisini, büyük harfler ise depolama sürelerinin etkisini temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$).

Elde edilen bulgulara göre, kekik özütlerin daha yüksek konsantrasyonlarının genellikle daha etkili olduğunu göstermiştir. Ayrıca, kekik özütünün etin bozulmasında önemli bir faktör olan lipid oksidasyonunu güçlü bir şekilde inhibe edebileceğini açıkça göstermektedir. (Gheisari vd. 2009) tarafından yapılan bir çalışmada, 4°C’de 4 gün boyunca saklanan kıyma sığır etinde SYA’nın değerinde artış olduğunu belirtmişlerdir, bu da mevcut tez çalışmanın bulguları ile tutarlıdır. Ancak, elde edilen bulgular Forell vd. (2010) ile uyumlu değildir, çünkü elde edilen sonuçlar, kekik özütünün diğer işlemlerle karşılaştırıldığında kas ve yağ dokularındaki yağ parçalayıcı enzimler üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığını göstermiştir. Ette lipoliz, kas lipazları ve fosfolipazlar gibi endojen enzimlerin sonucu olabilir veya mikrobiyal aktivite ile meydana gelebilir (Martín-Sánchez vd. 2011). Genel olarak, esansiyel yağlar, çiçeklenme sırasında toplanan bitkilerden elde edilmiş olup, bu da antibakteriyel aktiviteden sorumlu fenol bileşiklerinin ve kekik ana aktif bileşenleri olan karvakrol ve timolün yüksek miktarlarını açıklayabilir. Bu aktivite, domuz kıymasındaki lipidler üzerinde bakteriyel olarak üretilen lipazların etkisini azaltabilir (Boskovic vd. 2019).

Çizelge 4.15’de, 15°C’de dört gün boyunca depolanan kıyma tavuk etinde serbest yağ asitleri miktarındaki değişiklikleri göstermektedir. Tüm özütlerde, SYA’nın seviyeleri depolama süresi boyunca genellikle artmış ve günler arasında anlamlı farklılıklar gözlemlenmiştir. 0. gün SYA seviyeleri 0.31% iken, 4. gün itibarıyla anlamlı ölçüde artmış ve 2.68% ile 4.28% arasında değişmiştir. SYA seviyelerindeki farklılıklar, kekik özütünün farklı konsantrasyonları arasında da belirgindir. Genellikle, daha düşük konsantrasyonlar (0.1 ve 0.25%), çoğu gün boyunca daha yüksek SYA seviyelerine sahip olma eğilimindedir, buna karşın daha yüksek konsantrasyonlar (0.5) daha düşük seviyeler göstermiştir.

Çizelge 4.155. *E. coli* mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin 15±1°C farklı günlerde depolanması sürecinde serbest yağ asitliği değerleri değişimi (%)

Uygulamalar	0. Gün	2. Gün	4. Gün
A	0.31±0.01 ^{aC}	2.25±0.01 ^{cB}	3.50±0.01 ^{dA}
B	0.31±0.01 ^{aC}	2.09±0.02 ^{eB}	3.33±0.01 ^{eA}
C	0.31±0.01 ^{aC}	1.60±0.01 ^{gB}	2.78±0.01 ^{gA}
D	0.31±0.01 ^{aC}	1.51±0.03 ^{hB}	2.68±0.01 ^{hA}
E	0.31±0.01 ^{aC}	2.86±0.01 ^{aB}	4.28±0.01 ^{aA}
F	0.31±0.01 ^{aC}	2.69±0.04 ^{bB}	4.09±0.01 ^{bA}
G	0.31±0.01 ^{aC}	2.19±0.01 ^{dB}	3.57±0.02 ^{cA}
H	0.31±0.01 ^{aC}	1.87±0.02 ^{fB}	3.29±0.01 ^{fA}

A: (Kontrol), B: (Kontrol + 0.10%), C: (Kontrol + 0.25%), D: (Kontrol + 0.50%), E: (İnoküle), F: (İnoküle + 0.10%), G: (İnoküle + 0.25%), H: (İnoküle + 0.50%). Tablodaki sayılar ortalama ve standart hatayı temsil etmektedir. Küçük harfler özüt konsantrasyonlarının etkisini, büyük harfler ise depolama sürelerinin etkisini temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$).

Ancak, elde edilen sonuçlar 2. gün, *E. coli* ve kekik özütü ile muamele edilen örneklerde, *E. coli* olmayanlara göre SYA seviyeleri önemli ölçüde daha yüksek olduğunu göstermiştir. Kekik antibakteriyel etkisi, kimyasal bileşiminde bulunan karvakrol ve timol ile ilişkilendirilmektedir. Bu maddeler hücre zarı ile etkileşime girer, onun geçirgenliğini artırır ve sonuç olarak bakteri hücresinden iyon sızıntısına neden olmaktadır (Burt 2004). Bakteri sayısı, kekik özütleri içeren kıymada kontrol kıymasına göre önemli ölçüde daha düşük olarak tespit edildiği bildirilmektedir (Boskovic vd. 2017). Bu çalışmaların sonuçları, tez kapsamında elde edilen bulguları desteklemektedir. Kekik ekstraktının bakteriyel büyümeyi inhibe etme yeteneği, et örneklerinde SYA'nın azalmasına yol açmıştır. Ayrıca, SYA lipid moleküllerine esterleştirilmiş olanlardan daha hızlı okside olur ve SYA daha düşük konsantrasyonları, daha düşük TBARS değerlerine karşılık gelir (Kilara 1985).

Tez çalışmasında elde edilen serbest yağ asidi değerleri, 4°C'de depolanan tüm örnekler için altıncı depolama gününe kadar (Feiner 2006) tarafından bildirilen et ürünlerinde belirlenen %3'lük eşik değerini aşmamıştır. Bununla birlikte, bu değerler A, E ve F gruplarında 8. depolama gününde %0.1 oranında kekik özütü kullanılan örnekte görülmüştür. 15°C'de depolama koşullarında, tüm örnekler dördüncü günün sonunda %3'ün üzerine çıkmıştır, ancak %0.5 ve %0.25 oranlarında kekik özütü içeren gruplar (C ve D gruplarında), et örneklerinde etkili bir şekilde %3'ün altında kalmıştır, bu da kekik özütünün ürün raf ömrünü önemli ölçüde uzattığını göstermektedir.

4.6.2.2. Toplam uçucu bazik azot (TVB-N)

Sonuçlar, 4°C'de 8 gün boyunca depolanan ve *E. coli* bulaşması olan ve olmayan çeşitli konsantrasyonlarda kekik özütü (0, 0.1, 0.25 ve 0.5%) ile muamele edilmiş kıyma tavuk etindeki toplam uçucu bazik azot (TVB-N) içeriği Çizelge 4.16'da gösterilmektedir.

Başlangıçta, 0. gün, tüm özütler benzer TVB-N seviyeleri olarak yaklaşık 3.50 mg N/100 g göstermiştir. Depolama süresi ilerledikçe farklılıklar belirginleşmiştir. *E. coli* olmayan örneklerde, tüm özüt konsantrasyonları için TVB-N seviyeleri zamanla genellikle artmış, bu da bozulmanın arttığını işaret etmiştir. Kontrol grubu (A), 8. gün en yüksek TVB-N içeriğini (25.76 mg N/ 100 gm) sergilemiş, ardından B (24.08 mg N/ 100 gm), C (17.62 mg N/ 100 gm) ve en düşük D (15.74 mg N/ 100 gm) olarak gözlenmiştir. *E. coli* ile bulaşmış örneklerde, TVB-N içeriğindeki artış daha belirgindir. *E. coli* bulaşması olan kontrol grubu, depolama süresi boyunca en yüksek TVB-N içeriğini göstermiş, en yüksek konsantrasyonlu kekik özütü (0.5%) 8. gün itibarıyla en düşük TVB-N içeriğini (18.30 mg N/ 100 gm) sergilemiştir. Bu bulgular, kekik özütünün TVB-N oluşumu üzerinde azaltıcı bir etkisi olduğunu ve özellikle *E. coli* bulaşması varlığında daha yüksek konsantrasyonların daha büyük etkinlik gösterdiğini açığa çıkarmaktadır. Genel olarak, sonuçlar, kekik özütünün, 4°C'de soğutulmuş depolama sırasında kıyma tavuk etinde uçucu azot bileşiklerinin oluşumunu azaltma ve bozulmayı geciktirme potansiyelini vurgulamaktadır.

Çizelge 4.16. *E. coli* mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin 4±1 °C farklı günlerde depolanması sürecinde TVB-N değerleri değişimi (mg N/ 100 g).

Uygulamalar	0. Gün	2. Gün	4. Gün	6. Gün	8. Gün
A	3.50±0.08 ^{aE}	9.14±0.12 ^{bD}	14.37±0.12 ^{bC}	19.50±0.2 ^{cB}	25.76±0.29 ^{bA}
B	3.50±0.08 ^{aE}	8.54±0.08 ^{cD}	14.00±0.08 ^{bC}	17.45±0.2 ^{dB}	24.08±0.21 ^{cA}
C	3.50±0.08 ^{aE}	6.67±0.17 ^D	11.51±0.17 ^{dC}	13.41±0.25 ^{fB}	17.62±0.41 ^{eA}
D	3.50±0.08 ^{aE}	5.17±0.2 ^{gD}	9.07±0.12 ^{fC}	11.37±0.62 ^{gB}	15.15±0.22 ^{fA}
E	3.50±0.08 ^{aE}	10.05±0.12 ^{aD}	15.46±0.12 ^{aC}	22.46±0.2 ^{aB}	27.82±0.2 ^{aA}
F	3.50±0.08 ^{aE}	9.58±0.08 ^{bD}	15.08±0.08 ^{aC}	20.39±0.2 ^{bB}	27.07±0.22 ^{aA}
G	3.50±0.08 ^{aE}	7.66±0.17 ^{dD}	12.50±0.17 ^{cC}	16.23±0.25 ^{eB}	20.44±0.41 ^{dA}
H	3.50±0.08 ^{aE}	6.15±0. ^{fD}	10.05±0.12 ^{eC}	13.19±0.62 ^{fB}	18.30±0.22 ^{eA}

A: (Kontrol), B: (Kontrol + 0.10%), C: (Kontrol + 0.25%), D: (Kontrol + 0.50%), E: (İnoküle), F: (İnoküle + 0.10%), G: (İnoküle + 0.25%), H: (İnoküle + 0.50%). Tablodaki sayılar ortalama ve standart hatayı temsil etmektedir. Küçük harfler özüt konsantrasyonlarının etkisini, büyük harfler ise depolama sürelerinin etkisini temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$).

Toplam uçucu baz azot içeriği, taze etin kalitatif bir göstergesidir ve artışı, bakteriyel bozulmadan kaynaklanır. Rashidimehr vd. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, TVB-N zamana bağlı olarak değişmiştir. Depolama süresince artan bir eğilim göstermiş, böylece 0. günde en düşük değere sahip olmuştur. TVB-N'nin başlangıç değeri 7.23 mg N/ 100 g iken, depolama günlerinin sonunda 27.05 mg N/ 100 g'a ulaşmıştır. Aynı çalışma, kekik kullanımının bu TVB-N 22. mg N/ 100 g'a düşürdüğünü göstermiştir.

Bu çerçevede Köse vd. (2006) tarafından bildirilen çalışmada, TVB-N değerleri kıyma ürünlerinde depolama süresinde 2.57'den 42.0 mg N/ 100 g'a değişmiştir. Soğutmalı depolamada balık burger hakkında başka bir çalışmada, yaklaşık 17 günlük depolama süresince TVB-N 2.02'den 4.78 mg N/100 g'a ulaşmıştır. Aynı çalışmada, TVB-N miktarı soğutmalı depolama süresince kabul edilebilir sınırı aşmamıştır (Vanitha vd. 2015). Kekik ekstraktı ile işlenen örneklerde daha düşük TVB-N miktarlarının kekik ekstraktının antibakteriyel özelliklerine, özellikle de karvakrol ve timol gibi fenolik bileşenlerine bağlı olabileceği belirtilmiştir (Zakipour Rahimabadi ve Divband 2012). Bu bulgular, çalışmamızda farklı depolama günlerinde kekik ekstraktı konsantrasyonu arttıkça toplam BA miktarlarının azalmasını açıklamaktadır.

15°C'de 4 gün boyunca depolanan ve *E. coli* varlığı olan ve olmayan çeşitli konsantrasyonlarda kekik özütü (0, 0.1, 0.25 ve 0.5%) ile muamele edilmiş kıyma tavuk etindeki toplam uçucu bazik azot (TVB-N) içeriği Çizelge 4.17'de sunulmaktadır. Başlangıçta, 0. gün, tüm özütler benzer TVB-N seviyelerini (3.50 mg N/ 100 g) göstermiştir. Ancak, depolama süresi ilerledikçe dikkate değer farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Tüm gruplarda, TVB-N seviyeleri zamanla genellikle artmakta, bu da bozulmanın arttığına işaret etmektedir. Kontrol grubu (A), 4. gün en yüksek TVB-N

içeriğini (29.02 mg N/ 100 gm) sergiler, en düşük D (18.06 mg N/ 100 gm) göstermiştir. *E. coli* ile muamele örneklerde, TVB-N içeriğindeki artış daha belirgindir. E grubu, depolama süresi boyunca en yüksek TVB-N içeriğini gösterir, en yüksek konsantrasyonlu kekik özütü (H grubu) 4. gün itibarıyla en düşük TVB-N içeriğini (20.86 mg N/ 100 gm) sergiler. Bu bulgular, kekik özütünün TVB-N oluşumu üzerinde azaltıcı bir etkisi olduğunu ve özellikle *E. coli* varlığında daha yüksek konsantrasyonların daha büyük etkinlik gösterdiğini öne sürmektedir. Genel olarak, sonuçlar, kekik özütünün, 15°C’de soğutmalı depolama sırasında kıyma tavuk etinde uçucu azot bileşiklerinin oluşumunu azaltma ve bozulmayı geciktirme potansiyelini vurgulamaktadır.

Çizelge 4.17. *E. coli* mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin 15±1°C farklı günlerde depolanması sürecinde TVB-N değerleri değişimi (mg N/ 100 g).

Uygulamalar	0. Gün	2. Gün	4. Gün
A	3.50±0.08 ^{aC}	12.92±0.2 ^{bB}	29.02±0.26 ^{bA}
B	3.50±0.08 ^{aC}	11.90±0.49 ^{cB}	25.75±0.21 ^{cA}
C	3.50±0.08 ^{aC}	9.00±0.33 ^{deB}	21.84±0.4 ^{eA}
D	3.50±0.08 ^{aC}	8.21±0.09 ^{eB}	18.06±0.21 ^{fA}
E	3.50±0.08 ^{aC}	19.32±0.4 ^{aB}	31.82±0.26 ^{aA}
F	3.50±0.08 ^{aC}	18.62±0.4 ^{aB}	28.22±0.21 ^{bA}
G	3.50±0.08 ^{aC}	11.38±0.25 ^{cB}	24.64±0.4 ^{dA}
H	3.50±0.08 ^{aC}	9.84±0.2 ^{dB}	20.86±0.21 ^{eA}

A: (Kontrol), B: (Kontrol + 0.10%), C: (Kontrol + 0.25%), D: (Kontrol + 0.50%), E: (İnoküle), F: (İnoküle + 0.10%), G: (İnoküle + 0.25%), H: (İnoküle + 0.50%). Tablodaki sayılar ortalama ve standart hatayı temsil etmektedir. Küçük harfler özüt konsantrasyonlarının etkisini, büyük harfler ise depolama sürelerinin etkisini temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$).

Sorour vd. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, %0.1 kekik yağı kullanılarak yapılan tavuk ve hindi köftelerinin TVB-N değerlerinin, depolama süresi boyunca kontrol grubuna kıyasla etkilendiğini göstermiştir. Depolama süresinin sonunda kontrol örneği, sırasıyla 12.54 ve 11.98 mg N/100 g değerleri kaydetmiştir. Buna karşılık, %0.1 kekik ekstraktı içeren örneklerde TVB-N değerleri tavuk ve hindi etleri için sırasıyla 10.07 ve 10.08 mg N/100 g olarak ölçülmüştür.

TVB-N, depolama günlerinin artmasıyla et ürünlerinde artabilir çünkü proteinlerin parçalanması, mikroorganizmaların ve proteolitik enzimlerin büyümesi nedeniyle gerçekleşebilir (Alina ve Ovidiu 2007). Bitkisel özütlerin kullanılması durumunda TVB-N'deki azalmanın, bu özütlerin fenolik bileşikler içermesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Fenoller, mikrobiyal aktiviteleri engelleyebilen antimikrobiyal ajanlardır ve etin korunmasında çok etkilidir (Saloko vd. 2014). Başka bir çalışmada, depolama sırasında et örneklerinde en yüksek TVN değerlerinin kontrol örneklerinde göstermiş, kekik yağı ile muamele edilen örneklerin ise TVN değerlerini azaltmada daha etkili olduğu belirtilmiştir (Shaltout ve Koura 2017).

Literatürde tavuk göğüs eti için TVB-N bozulma limiti 20 mg N/100 g olarak belirtilmiştir ve 4°C' de hava atmosferinde ambalajlanan tavuk göğsü etlerinde bu değere genellikle depolamanın 6. gününde ulaşıldığı bildirilmiştir (Kim vd. 2017; Lee vd. 2019). Tez kapsamında gerçekleştirilen çalışmalarda elde edilen TVB-N değerleri, tüm örnekler için altıncı depolama gününe kadar et ürünlerinde belirlenen 20 mg N/100 g eşik değerini aşmamıştır. Bununla birlikte, bu değerler sadece kontrol grubunda ve *E. coli* içeren gruplarında sekizinci depolama gününde 0 ve %0.1 oranında kekik özütü kullanılan örnekte görülmüştür. 15 derece depolama koşullarında, kontrol ve %0.1 kekik özütü ve 0 ve %0.1 *E. coli* içeren gruplarında örnekler dördüncü günün sonunda 20 mg N/100 g üzerine çıkmıştır, ancak %0.5 ve %0.25 oranlarında kekik özütü içeren gruplar, et örneklerinde etkili bir şekilde 20 mg N/100 g altında kalmıştır, bu da kekik özütünün ürün raf ömrünü önemli ölçüde uzattığını göstermektedir.

4.6.2.3. Tiyobarbutirik asit sayısı (TBARS)

Çizelge 4.18'de 4°C'de 8 günlük depolama süresi boyunca çeşitli konsantrasyonlarda kekik özütüne maruz bırakılan kıyma tavuk etindeki TBARS (Tiyobarbitürik Asit) seviyelerini ve *E. coli* varlığına göre değişimleri gösterilmektedir. En yüksek ve en düşük TBARS seviyeleri karşılaştırıldığında, *E. coli* olmadan %0.5 kekik özütü konsantrasyonu ile yapılan işlem, tüm günler boyunca sürekli olarak en düşük TBARS seviyelerini sergilemiş, 0. gün için 0.36 mg MDA/kg'den 8. gün için 1.03 mg MDA/kg'a kadar değişmiştir. Bu değerler, hindi etinde bazı esansiyel yağların antibakteriyel aktivitesini inceleyen ve 7 günlük depolamada etin TBARS değeri yüksek olduğunu göstermiştir (Kim vd. 1995). Ayrıca, (Babuskin vd. 2014) 15 günlük depolamanın ardından kontrol örneğinde en yüksek, kekik esansiyel yağı ile işlem gören tavuk örneklerinde ise en düşük lipid oksidasyon derecesini bildirmiştir. Tersine, *E. coli* ile %0 konsantrasyonda kekik özütü işlemi gören örnekler, 0. gün için 0.36 mg MDA/kg'den başlayarak 8. gün için 1.18 mg MDA/kg'a kadar yükselen en yüksek TBARS seviyelerini göstermiştir. Tüm muamele katkı maddeleri, 2. günden sonra kontrol örneklerine göre önemli bir antioksidan etki göstermiştir ($P < 0.05$).

Tez kapsamında elde edilen bulgulara göre, daha yüksek konsantrasyonlarda kekik özütünün, et kalitesinin daha iyi korunmasıyla ilişkili olduğunu ve daha düşük TBARS seviyeleriyle bağlantılı olduğunu göstermektedir. Bu, farklı kekik yağı seviyelerini çekilmiş tavuk eti kullanarak test eden önceki çalışmalarla (Al-Hijazeen 2019; Al-Hijazeen vd. 2016a; Kahraman vd. 2015; Liu vd. 2009) uyumludur. Ayrıca, birçok çalışmada kekik ekstraktlarının eklenmesinin tavuk etinin raf ömrünü uzattığı, kötü kokuyu azalttığı ve özellikle yağların parçalanmasından sorumlu bakterilerin büyümesini engelleyerek etin bozulmasını geciktirdiği bildirilmiştir (Chouliara vd. 2007; Fasseas vd. 2008; Manassis vd. 2020). Ayrıca, *E. coli*'nin varlığı genel olarak TBARS seviyelerinin yükselmesine neden olarak, yağ oksidasyonunun arttığını ve bakteri kontaminasyonu nedeniyle etin bozulduğunu göstermektedir. TBARS seviyeleri, depolama süresi boyunca artma eğilimindedir ve bu durum, yağların kademeli olarak oksitlendiğini ve etin bozulduğunu gösterir. Ayrıca, depolama süresi arttıkça, ekstraktlar arasındaki farklılıklar daha belirgin hale gelmiş ve bu da kekik özütü konsantrasyonlarının et kalitesini koruma etkinliğindeki farklılıkları ortaya koymuştur.

Çizelge 4.18. *E. coli* mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin $4\pm 1^\circ\text{C}$ farklı günlerde depolanması sürecinde TBARS değerleri değişimi (mg MDA/kg)

Uygulamalar	0. Gün	2. Gün	4. Gün	6. Gün	8. Gün
A	0.36±0.01 ^{aE}	0.63±0.01 ^{aD}	0.72±0.01 ^{bC}	0.84±0.01 ^{bB}	1.03±0.01 ^{cA}
B	0.36±0.01 ^{aE}	0.60±0.03 ^{bD}	0.68±0.01 ^{cC}	0.80±0.01 ^{cB}	0.90±0.02 ^{eA}
C	0.36±0.01 ^{aE}	0.53±0.01 ^{dD}	0.64±0.01 ^{dC}	0.70±0.01 ^{eB}	0.79±0.01 ^{gA}
D	0.36±0.01 ^{aE}	0.46±0.01 ^{fD}	0.54±0.01 ^{eC}	0.65±0.01 ^{fB}	0.74±0.01 ^{hA}
E	0.36±0.01 ^{aE}	0.65±0.01 ^{aD}	0.75±0.01 ^{aC}	0.89±0.01 ^{aB}	1.18±0.01 ^{aA}
F	0.36±0.01 ^{aE}	0.61±0.01 ^{bD}	0.73±0.01 ^{abC}	0.83±0.01 ^{bB}	1.07±0.01 ^{bA}
G	0.36±0.01 ^{aE}	0.56±0.01 ^{cD}	0.69±0.01 ^{cC}	0.76±0.01 ^{dB}	0.99±0.01 ^{dA}
H	0.36±0.01 ^{aE}	0.51±0.01 ^{eD}	0.65±0.01 ^{dC}	0.71±0.01 ^{eB}	0.84±0.01 ^{fA}

A: (Kontrol), B: (Kontrol + 0.10%), C: (Kontrol + 0.25%), D: (Kontrol + 0.50%), E: (İnoküle), F: (İnoküle + 0.10%), G: (İnoküle + 0.25%), H: (İnoküle + 0.50%). Tablodaki sayılar ortalama ve standart hatayı temsil etmektedir. Küçük harfler özüt konsantrasyonlarının etkisini, büyük harfler ise depolama sürelerinin etkisini temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$).

TBARS değeri, ürünlerdeki yağ oksidasyonunu ölçmek için kullanılır ve malondialdehitin her kilogramda miligram cinsinden miktarını ifade eder, daha yüksek değerler ürün kalitesinin düştüğünü göstermektedir. Fenolik bileşikler, serbest radikalleri yakalayarak ve oksidatif reaksiyonları engelleyerek lipid oksidasyonunu azaltır. Bu nedenle, kekik ekstraktı ile muamele edilen et ürünleri, daha düşük TBARS değerleri sergiler, bu da ürünün daha iyi kalitesini ve daha uzun raf ömrünü korumasına yardımcı olur. Ayrıca, bu bileşiklerin mikrobiyal büyümeyi inhibe etme yetenekleri de etin bozulmasını geciktirir ve genel olarak etin tazeliğini ve güvenliğini artırır (Sarıçoban ve Yılmaz 2014).

15°C 'de 4 gün boyunca depolanan ve çeşitli konsantrasyonlarda kekik özütü ile işlem gören kıyma tavuk etindeki TBARS seviyelerini ve *E. coli* varlığına göre değişimleri Çizelge 4.19'da gösterilmektedir. En yüksek ve en düşük TBARS seviyeleri karşılaştırıldığında, *E. coli* olmadan %0.5 kekik özütü (D) konsantrasyonu ile yapılan işlem, tüm günler boyunca sürekli olarak en düşük TBARS seviyelerini sergilemiş, 0. gün için 0.36 mg MDA/kg'den 4. gün için 1.44 mg MDA/kg'a (A) kadar değişmiştir. *E. coli* ile kekik özütü içermeyen örnekler, 0. gün için 0.35 mg MDA/kg'den başlayarak 4. gün için 1.66 mg MDA/kg'a (E) kadar yükselen en yüksek TBARS seviyelerini göstermiştir. Bu bulgular, daha yüksek konsantrasyonlarda kekik özütünün, et kalitesinin daha iyi korunmasıyla ilişkili olduğunu ve daha düşük TBARS seviyeleriyle bağlantılı olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.19. *E. coli* mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin 15±1°C farklı günlerde depolanması sürecinde TBARS değerleri değişimi (mg MDA/kg)

Uygulamalar	0. Gün	2. Gün	4. Gün
A	0.36±0.01 ^{aC}	0.86±0.01 ^{bB}	1.44±0.05 ^{bA}
B	0.36±0.01 ^{aC}	0.82±0.04 ^{cB}	1.29 ±0. ^{03cdA}
C	0.36±0.01 ^{aC}	0.74±0.01 ^{eB}	1.23±0.02 ^{dA}
D	0.36±0.01 ^{aC}	0.69±0.02 ^{fB}	0.96±0.01 ^{fA}
E	0.36±0.01 ^{aC}	0.91±0.01 ^{aB}	1.66±0.03 ^{aA}
F	0.36±0.01 ^{aC}	0.84±0.01 ^{bcB}	1.33±0.04 ^{cA}
G	0.36±0.01 ^{aC}	0.79±0.01 ^{dB}	1.22±0.04 ^{dA}
H	0.36±0.01 ^{aC}	0.76±0.02 ^{eB}	1.12±0.03 ^{eA}

A: (Kontrol), B: (Kontrol + 0.10%), C: (Kontrol + 0.25%), D: (Kontrol + 0.50%), E: (İnoküle), F: (İnoküle + 0.10%), G: (İnoküle + 0.25%), H: (İnoküle + 0.50%). Tablodaki sayılar ortalama ve standart hatayı temsil etmektedir. Küçük harfler özüt konsantrasyonlarının etkisini, büyük harfler ise depolama sürelerinin etkisini temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$).

Bu sonuçlar, kekik yağı (200 mg/kg) ile işlem gören hindi etinde lipid oksidasyonunda depolama süresinde bir azalma bulan (Botsoglou vd. 2003) çalışmasının sonuçlarıyla kısmen uyumludur. Ayrıca, *E. coli* varlığı genellikle *E. coli* olmayan muamelelere göre daha yüksek TBARS seviyelerine yol açmış, bu da bakteriyel kontaminasyon nedeniyle artan lipid oksidasyonu ve et bozulmasını göstermiştir. Depolama süresi boyunca TBARS seviyeleri yükselme eğiliminde olup, bu da etin progresif lipid oksidasyonu ve bozulmasını öne sürmektedir. Ayrıca, depolama süresi arttıkça özütler arasındaki farklar daha belirgin hale gelmiş, bu da zamanla et kalitesini korumada kekik özütü konsantrasyonlarının farklı etkinliklerini göstermektedir.

Diğer bir çalışmada, yüksek yağlı et ürünlerinde kullanıldığında üzüm çekirdeği özütü, biberiye oleoresini ve kekik özütünün antioksidan özelliklere sahip olduğu gösterilmiştir (Rojas ve Brewer 2008). Kekik yağının antioksidan özellikleri, yaklaşık %78-85'ini oluşturan karvakrol ve timol fenolik bileşiklerinin varlığından kaynaklanabilir (Al-Hijazeen vd. 2016a; Rodriguez-Garcia vd. 2016). Bu bileşiklerin fenolik halkasındaki hidroksil grupları, serbest radikalleri nötralize etmek için bir hidrojen atomu bağışlayabilir. Bu reaksiyon sonucunda, daha dinamik bir oksitleyici forma yani MDA'ya olan daha ileri bozulma engellenir (Babuskin vd. 2014; Botsoglou vd. 2003). Böylece, kekik yağı, et ve ürünlerinde güçlü bir antioksidan aktivite ve koruyucu rol göstermiştir. Benzer araştırma sonuçları Fasseas vd. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, soğutma koşullarında depolanan çiğ ve ısıtılmış etlerin kalitesine 3% kekik ve adaçayı yağlarının eklenmesinin etkisini değerlendirmiştir. Bu çalışma, kekik yağının depolama süresince yağ oksidasyonunu azaltmada etkili olduğunu göstermiştir. Yağların eklenmesi otooksidasyon süreçlerini engelleyerek, özellikle kekik yağının antioksidan etkisini artırır. Kekik, antibakteriyel ve antioksidan özelliklerinin yanı sıra diğer biyolojik aktivitelere de sahiptir. Ayrıca, kontrol örneği için depolama süresi boyunca TBARS göstergesinde istatistiksel olarak anlamlı bir artış

gözlemlenmiştir

Sidor vd. 2011 tarafından yürütülen çalışmada, kekik ilavesi ve biberiye özütü lipid oksidasyonunu inhibe etmiştir. Bu çalışmada sunulan sonuçlar, kuru otlar kullanıldıktan sonra daha önemli bir etki gösterdiğini göstermiştir. Benzer şekilde, bir çalışmada, kekik esansiyel yağlarının ilavesinin %0.05'te tavuk eti oksidasyonunu azalttığı ve mikrobiyal büyümeyi engellediği, böylece raf ömrünü uzattığı bulunmuştur (Sarıçoban ve Yılmaz 2014). Manhani vd. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, dana eti burgerlerinde ticari adaçayı ve kekik özütlerinin (0.04%) antioksidan potansiyelleri karşılaştırılmış ve yağ oksidasyonundaki değişiklikler değerlendirilmiştir. Kekik özütü ile işlenen örneklerde TBARS değerlerinin daha düşük olduğu gözlemlenmiştir.

TBARS değeri, et ürünlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Malonaldehit miktarı, rafinasyonun 0.4-0.6 mg malonaldehit/kg numune başına başladığı fotometrik bir yöntemle belirlenir. Bu testte, yağ oksidasyonunun sonlandırma aşamasında elde edilen doymuş aldehytler, 2-tiyobarbitürik asit ile reaksiyona girer. TBARS değerleri genellikle rafinasyon durumuyla ilişkilidir ve artan değerler ileri bir rafinasyon durumunu gösterir (Feiner 2006). Bu çalışmada elde edilen TBARS değerleri, altıncı depolama gününe kadar tüm örnekler için et ürünleri literatüründe istenmeyen rafinasyon tadı ve kokusu için belirtilen eşik değeri (>1.0 mg/kg) aşmamıştır (Ripoll vd. 2011). Ancak bu değer, sadece A, E ve F gruplarında sekizinci depolama gününde görülmüştür. 15 derecede depolama konusunda, dördüncü günün sonunda tüm örnekler 1.0 mg/kg'ın üzerine çıkmış, ancak D grup bu özüt konsantrasyonunun etkili bir şekilde etin raf ömrünü uzattığını göstermektedir.

4.6.2.4. Peroksit değeri

4°C'de 8 gün boyunca depolanan ve çeşitli konsantrasyonlarda kekik özütü ile işlem gören kıyma tavuk etindeki peroksit seviyelerini ve *E. coli* varlığına göre değişimleri Çizelge 4.20'de gösterilmektedir. Depolama süresinin ikinci gününden itibaren, kekik özütü konsantrasyonundaki artışın, kontrol grubuna kıyasla peroksit değerinde bir azalmaya yol açtığı belirgin hale gelmiştir. En yüksek ve en düşük peroksit seviyeleri karşılaştırıldığında, *E. coli* olmadan %0.5 kekik özütü konsantrasyonu ile yapılan işlem, tüm günler boyunca sürekli olarak en düşük peroksit seviyelerini sergilemiş, 0. gün için A grubunda 1.62 meq/kg'den başlayarak 8. gün için 6.35 meq/kg'a kadar artmıştır. *E. coli* ile %0 konsantrasyonunda (E grup) kekik özütü işlemi gören örnekler, 0. gün için 1.62 meq/kg'den başlayarak 8. gün için 7.10 meq/kg'a kadar en yüksek peroksit seviyelerini göstermiştir. Bu bulgular, daha yüksek konsantrasyonlarda kekik özütünün, daha düşük peroksit değerleriyle ilişkili olduğunu ve böylece et kalitesinin korunduğunu göstermektedir. Ayrıca, *E. coli* varlığı genellikle *E. coli* olmayan muamelelere göre daha yüksek peroksit değerlerine yol açmış, bu da bakteriyel kontaminasyon nedeniyle artan lipid oksidasyonu ve et bozulmasını göstermiştir. Depolama süresi boyunca peroksit seviyeleri artma eğiliminde olup, bu da etin progresif lipid oksidasyonu ve bozulmasını öne sürmektedir. Ayrıca, depolama süresi arttıkça özütler arasındaki farklar daha belirgin hale gelmiş, bu da zamanla et kalitesini korumada kekik özütü konsantrasyonlarının farklı etkinliklerini göstermektedir.

Çizelge 4.20. *E. coli* mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin $4\pm 1^\circ\text{C}$ farklı günlerde depolanması sürecinde peroksit değerleri değişimi (meq/kg)

Uygulamalar	0. Gün	2. Gün	4. Gün	6. Gün	8. Gün
A	1.62 $\pm$ 0.08 ^{aE}	2.83 $\pm$ 0.1 ^{bD}	4.91 $\pm$ 0.0 ^{bC}	5.68 $\pm$ 0.0 ^{aB}	6.35 $\pm$ 0.0 ^{bA}
B	1.62 $\pm$ 0.08 ^{aE}	2.57 $\pm$ 0.0 ^{cD}	3.43 $\pm$ 0.0 ^{dC}	4.31 $\pm$ 0.0 ^{bB}	5.94 $\pm$ 0.02 ^{cA}
C	1.62 $\pm$ 0.08 ^{aE}	2.03 $\pm$ 0.0 ^{dD}	2.68 $\pm$ 0.12 ^{eC}	3.90 $\pm$ 0.0 ^{bcB}	4.72 $\pm$ 0.0 ^{eA}
D	1.62 $\pm$ 0.08 ^{aE}	1.11 $\pm$ 0.0 ^{fD}	1.68 $\pm$ 0.07 ^{gC}	2.50 $\pm$ 0.0 ^{dB}	3.91 $\pm$ 0.0 ^{gA}
E	1.62 $\pm$ 0.08 ^{aE}	3.54 $\pm$ 0.0 ^{aD}	5.75 $\pm$ 0.0 ^{aC}	6.15 $\pm$ 0.0 ^{aB}	7.10 $\pm$ 0.0 ^{aA}
F	1.62 $\pm$ 0.08 ^{aE}	2.63 $\pm$ 0.0 ^{bcC}	3.76 $\pm$ 0.0 ^{cB}	5.97 $\pm$ 0.0 ^{aA}	6.26 $\pm$ 0.0 ^{bA}
G	1.62 $\pm$ 0.08 ^{aE}	2.41 $\pm$ 0.0 ^{cC}	2.46 $\pm$ 0.0 ^{eC}	4.20 $\pm$ 0.0 ^{bB}	5.63 $\pm$ 0.0 ^{dA}
H	1.62 $\pm$ 0.08 ^{aE}	1.66 $\pm$ 0.05 ^{eD}	1.92 $\pm$ 0.0 ^{fC}	3.36 $\pm$ 0.0 ^{cB}	4.43 $\pm$ 0.0 ^{fA}

A: (Kontrol), B: (Kontrol + 0.10%), C: (Kontrol + 0.25%), D: (Kontrol + 0.50%), E: (İnoküle), F: (İnoküle + 0.10%), G: (İnoküle + 0.25%), H: (İnoküle + 0.50%). Tablodaki sayılar ortalama ve standart hatayı temsil etmektedir. Küçük harfler özüt konsantrasyonlarının etkisini, büyük harfler ise depolama sürelerinin etkisini temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$).

Bir çalışmaya göre, tavuk burgerin başlangıç peroksit değeri lipid başına 0.18 meq/kg iken, depolama süresinin sonunda lipid başına 8.58 meq/kg'a ulaşmıştır (Rashidimehr vd. 2022). Benzer bulgular, kekik ile işlem gören bir yayın balığı burgerinde Emir Çoban ve Tuna Keleştemur (2017) tarafından yapılan bir alışmasında, kekik ile işlenmiş levrek burgerlerinde benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlar, kekik ekstraktının burgerin bozulmasını engelleyici etkisini ve dolayısıyla balık örneklerinde peroksit değerlerinin depolama süresi boyunca 20. gün boyunca azalmasını göstermektedir. Kekik ekstraktının içerdiği karvakrol ve thymol gibi bileşikler, lipid oksidasyonunu inhibe ederek, işlenmiş gıda ürünlerinde peroksit düzeylerinin düşmesine katkıda bulunabilir. Bu durum, gıda ürünlerinin raf ömrünü uzatma potansiyeline sahip olduklarını göstermektedir (Zakipour Rahimabadi ve Divband 2012).

15°C 'de 4 gün boyunca depolanan ve çeşitli konsantrasyonlarda kekik özütü (%0, 0.1, 0.25 ve 0.5) ile işlem gören kıyma tavuk etindeki peroksit değerlerini ve *E. coli* bulaşması varlığına göre değişimleri Çizelge 4.21'de gösterilmektedir. Başlangıçta, 0. gün, tüm özütler aynı peroksit değerlerini 1.62 meq/kg olarak göstermiş, bu da peroksit içeriğinde başlangıçta bir varyasyon olmadığını göstermektedir. Depolama süresi ilerledikçe farklılıklar ortaya çıkmaktadır. *E. coli* olmayan örneklerde, tüm özüt konsantrasyonları için peroksit değerleri zamanla genellikle artmış, bu da etin oksidatif bozulmasını önermektedir. Kontrol grubu (A), 4. gün *E. coli* olmadan en yüksek peroksit değerini (7.49 meq/kg) sergilemiş, ve en düşük peroksit değeri (5.86 meq/kg) D grubunda gözlenmiştir. *E. coli* içeren örneklerde, peroksit değerlerindeki artış da dikkat çekicidir. E grubu, depolama süresi boyunca en yüksek peroksit değerini göstermiş, en yüksek konsantrasyonlu kekik özütü (%0.5) 4. gün itibarıyla en düşük peroksit değerini (6.46 meq/kg) sergilemiştir.

Bu bulgular, kekik özütünün lipid oksidasyonunu hafifletici bir etkisi olduğunu ve özellikle *E. coli* bulaşması varlığında daha yüksek konsantrasyonların daha büyük etkinlik gösterdiğini öne sürmektedir. Genel olarak, sonuçlar, kekik özütünün, 15°C’de soğutmalı depolama sırasında lipid oksidasyonunu azaltma ve kıyma tavuk etinin kalitesini koruma potansiyelini vurgulamaktadır.

Çizelge 4.21. *E. coli* mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin 15±1°C farklı günlerde depolanması sürecinde peroksit değerleri değişimi (meq/kg)

Uygulamalar	0. Gün	2. Gün	4. Gün
A	1.62±0.08 ^{aC}	5.42±0.04 ^{cB}	7.49±0.05 ^{bA}
B	1.62±0.08 ^{aC}	5.30±0.04 ^{dB}	7.01±0.02 ^{cA}
C	1.62±0.08 ^{aC}	4.80±0.04 ^{eB}	6.38±0.04 ^{dA}
D	1.62±0.08 ^{aC}	4.11±0.03 ^{gB}	5.86±0.04 ^{eA}
E	1.62±0.08 ^{aC}	5.89±0.06 ^{aB}	8.09±0.04 ^{aA}
F	1.62±0.08 ^{aC}	5.69±0.04 ^{bB}	7.50±0.03 ^{bA}
G	1.62±0.08 ^{aC}	4.78±0.04 ^{eB}	6.86±0.04 ^{cA}
H	1.62±0.08 ^{aC}	4.38±0.03 ^{fB}	6.46±0.04 ^{dA}

A: (Kontrol), B: (Kontrol + 0.10%), C: (Kontrol + 0.25%), D: (Kontrol + 0.50%), E: (İnoküle), F: (İnoküle + 0.10%), G: (İnoküle + 0.25%), H: (İnoküle + 0.50%). Tablodaki sayılar ortalama ve standart hatayı temsil etmektedir. Küçük harfler özüt konsantrasyonlarının etkisini, büyük harfler ise depolama sürelerinin etkisini temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$).

Kekik özütleri içerdiği doğal antioksidanların, ürünlerin depolama süresince lipid oksidasyonunu etkili bir şekilde inhibe ederek ürünlerin kalitesini koruma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, kekik özütlerin kullanımı, gıda endüstrisinde ürünlerin dayanıklılığını artırmak için etkili bir strateji olarak değerlendirilmektedir (Abdel-Salam vd. 2014).

Peroxide değeri, bir örneğin mevcut bozulma durumunu ölçer. Taze bozulmamış yağlar genellikle düşük bir peroxide değerleriye sahiptir, genellikle 5’ten azdır. Stabilize edilmemiş yağların peroxide değerleri hızla değişebilir. 0 ile 6 arasındaki peroxide değerleri yağın bozulmadığında genellikle görülürken, 7 ile 10 arasındaki değerler yağın hafifçe bozulduğunu gösterir. 10’dan büyük peroxide değerleri açıkça bozulmayı işaret eder (Feiner 2006). Tüm test edilen örnekler, peroksit değeri için izin verilen sınırı aşmamıştır. Ayrıca, kekik özütünün konsantrasyonu arttıkça peroksit değeri azalmıştır.

4.6.2.5. pH Değeri

Çizelge 4.22’de 4°C’de 8 gün boyunca depolanan ve *E. coli* varlığına göre çeşitli konsantrasyonlarda kekik özütü ile işlem gören kıyma tavuk etinde ölçülen pH seviyelerini gösterilmektedir.

Çizelge 4.22. *E. coli* mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin $4\pm 1^\circ\text{C}$ farklı günlerde depolanması sürecinde pH değerleri değişimi

Uygulamalar	0. Gün	2. Gün	4. Gün	6. Gün	8. Gün
A	6.05 ± 0.06 ^{aD}	5.92 ± 0.13 ^{aE}	6.26 ± 0.21 ^{aC}	6.41 ± 0.11 ^{abB}	6.83 ± 0.09 ^{cA}
B	6.05 ± 0.06 ^{aD}	6.61 ± 0.26 ^{aA}	6.93 ± 0.67 ^{aA}	7.05 ± 0.37 ^{aA}	6.80 ± 0.11 ^{dA}
C	6.05 ± 0.06 ^{aD}	5.87 ± 0.14 ^{aD}	6.24 ± 0.11 ^{aB}	6.21 ± 0.09 ^{bB}	6.37 ± 0.08 ^{gA}
D	6.05 ± 0.06 ^{aD}	5.82 ± 0.12 ^{aD}	6.23 ± 0.08 ^{aA}	6.16 ± 0.16 ^{bB}	6.25 ± 0.11 ^{hA}
E	6.05 ± 0.06 ^{aD}	6.16 ± 0.11 ^{aD}	6.36 ± 0.14 ^{aC}	6.60 ± 0.18 ^{abB}	7.08 ± 0.14 ^{aA}
F	6.05 ± 0.06 ^{aD}	6.07 ± 0.11 ^{aD}	6.27 ± 0.10 ^{aC}	6.54 ± 0.10 ^{abB}	6.99 ± 0.01 ^{bA}
G	6.05 ± 0.06 ^{aD}	6.05 ± 0.15 ^{aD}	6.25 ± 0.07 ^{aC}	6.41 ± 0.13 ^{abB}	6.57 ± 0.01 ^{eA}
H	6.05 ± 0.06 ^{aD}	6.05 ± 0.09 ^{aD}	6.25 ± 0.13 ^{aC}	6.36 ± 0.19 ^{abB}	6.45 ± 0.01 ^{fA}

A: (Kontrol), B: (Kontrol + 0.10%), C: (Kontrol + 0.25%), D: (Kontrol + 0.50%), E: (İnoküle), F: (İnoküle + 0.10%), G: (İnoküle + 0.25%), H: (İnoküle + 0.50%). Tablodaki sayılar ortalama ve standart hatayı temsil etmektedir. Küçük harfler özüt konsantrasyonlarının etkisini, büyük harfler ise depolama sürelerinin etkisini temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$).

E. coli varlığında depolama süresinin sonunda (8 gün) gözlemlenen en yüksek pH 7.08 (E) iken, en düşük 6.25 (D)'dir. Kekik özütleri ile işlenen örnekler genel olarak pH değerleri açısından, kekik özütü ve *E. coli* ile işlenen örneklerden daha düşük değerler sergilemiştir, bu da özütün mikroorganizmalar tarafından neden olunan asidifikasyona karşı potansiyel koruyucu etkisini göstermektedir. Ayrıca, en yüksek ve en düşük pH değerleri arasındaki fark, özellikle *E. coli* olmayan örneklerde daha belirgin olup, zamanla daha yüksek pH değerlerine doğru artan bir eğilim göstermiştir. Yeni kesilmiş tavuklar nötr veya hafif alkali olup, kesimden sonra glikojenin laktik aside dönüşmesiyle asidik hale gelir (Debut vd. 2003). Bu çalışma, çoğu tedavide depolamanın ikinci gününde pH değerinin neden azaldığını açıklamaktadır. Et için ideal pH 5.8 - 6.3 aralığındadır; pH değeri 5.8'in altında olan etin rengi soluk olurken, yüksek pH'lı etin rengi daha koyu olup insan sağlığı için büyük risk oluşturur (Pearson ve Gillett 1996).

Depolama koşullarında pH değerindeki artış, et örneklerindeki amonyak ve trimetilamin gibi azot bileşiklerinin birikiminden kaynaklanabilir ve bu durum mikrobiyal faaliyetlerin bir sonucu olabilir, bu da et örneklerinin çürümeye başladığını gösterebilir (Holmer vd. 2009). Shange vd. (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, kontrol örneklerine kıyasla oregano yağı ile işlenen et örneklerinin depolamanın ilk yedi gününde pH değerinin önemli ölçüde daha düşük olduğu bulunmuştur ve zamanla her iki grup için pH değerinin hafifçe arttığı gözlemlenmiştir. Benzer bulgular Karabagias vd. (2011), tarafından benzer sonuçlar bildirilmiştir, et örneklerinde ve oregano yağı ile işlenmiş örneklerde pH değerinde artış gözlemlenmiştir. pH değerindeki bu artış, glukoz tükenmesinden sonra mikrobiyal metabolizma yoluyla sekonder alkali bileşiklerin kullanımına atfedilebilir. Glukoz eksikliğinde, mikroorganizmalar amino asitler gibi sekonder besin maddelerini kullanır. Amino asitlerin metabolizasyonu sırasında, amonyak ve aminler gibi sekonder ürünler serbest bırakılabilir. Bu sekonder ürünlerin alkali özellikleri nedeniyle pH değerinde artışa neden olabilir (Gill ve Newton 1978).

15°C’de 4 gün boyunca depolanan ve *E. coli* bulaşması varlığına göre çeşitli konsantrasyonlarda kekik özütü (0, 0.1, 0.25 ve 0.5) ile işlem gören kıyma tavuk etindeki pH değerleri Çizelge 4.23’te sunulmaktadır. Başlangıçta, 0. gün, tüm gruplar aynı pH değerlerini 6.05 olarak göstermiş, bu da asitlikte başlangıçta bir varyasyon olmadığını göstermektedir. Depolama süresi ilerledikçe farklılıklar belirginleşir. *E. coli* olmayan örneklerde, tüm özüt konsantrasyonları için pH değerleri zamanla genellikle azalır, bu da hafif bir asit artışı gösterir. *E. coli* içeren grupta (E), depolama süresi boyunca en yüksek pH değerini gösterir, en yüksek konsantrasyonlu kekik özütü (%0.5) 4. gün itibarıyla biraz daha düşük bir pH değeri (6.53) sergiler. Bu bulgular, kekik özütünün kıyma tavuk etinin asitliği üzerinde hafif bir tamponlama etkisi olabileceğini ve özellikle *E. coli* bulaşması varlığında daha yüksek konsantrasyonların biraz daha belirgin bir etki gösterdiğini öne sürmektedir. Genel olarak, sonuçlar, kekik özütünün, 15°C’de soğutmalı depolama sırasında kıyma tavuk etinin pH dengesini ve kalitesini koruma potansiyelini vurgulamaktadır. Gözlemlenen pH değerleri, bu tür et ürünleri için tipiktir. Bazı çalışmada elde edilen sonuçlara göre, tavuk etlerindeki pH değerlerinin genellikle 5.81 ile 6.23 arasında değiştiğini göstermektedir (Mir vd. 2017b; Qiao vd. 2001). Bu bulgular, kendi çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlarla tutarlılık göstermektedir, bu da tavuk etlerinin pH değerlerinin genel olarak belirli bir aralıkta seyrettiğini ve farklı çalışmalarda benzer bulguların elde edildiğini göstermektedir.

Çizelge 4.23. *E. coli* mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin 15±1°C farklı günlerde depolanması sürecinde pH değerleri değişimi

Uygulamalar	0. Gün	2. Gün	4. Gün
A	6.05±0.03 ^{aC}	6.44±0.12 ^{cB}	6.75±0.09 ^{bcA}
B	6.05±0.03 ^{aC}	6.35±0.11 ^{dB}	6.69±0.15 ^{cdA}
C	6.05±0.03 ^{aC}	6.13±0.02 ^{eB}	6.45±0.08 ^{fA}
D	6.05±0.03 ^{aC}	6.17±0.13 ^{eB}	6.25±0.12 ^{gA}
E	6.05±0.03 ^{aC}	6.64±0.06 ^{aB}	6.96±0.05 ^{aA}
F	6.05±0.03 ^{aC}	6.55±0.10 ^{bB}	6.81±0.09 ^{bA}
G	6.05±0.03 ^{aC}	6.43±0.05 ^{cB}	6.65±0.13 ^{dA}
H	6.05±0.03 ^{aC}	6.17±0.12 ^{eB}	6.53±0.11 ^{eA}

A: (Kontrol), B: (Kontrol + 0.10%), C: (Kontrol + 0.25%), D: (Kontrol + 0.50%), E: (İnoküle), F: (İnoküle + 0.10%), G: (İnoküle + 0.25%), H: (İnoküle + 0.50%). Tablodaki sayılar ortalama ve standart hatayı temsil etmektedir. Küçük harfler özüt konsantrasyonlarının etkisini, büyük harfler ise depolama sürelerinin etkisini temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$).

Tavuk ve hindi köfte örneklerinde depolamanın 4±1°C sıcaklıkta 15 gün boyunca pH değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Ayrıca, bu sonuçlar, işlenmemiş (kontrol örneği) tavuk ve hindi köfte örneklerinin pH değerlerinin, temel kekik yağından elde edilen örneklerden daha yüksek olduğunu göstermiştir (Sorour vd. 2022). Bu bulgular, kekik yağı ile işlenen örneklerin farklı değerlendirme zamanlarında kontrol örneklerine kıyasla daha düşük pH değerlerine sahip olduğunu göstermiştir. Bu durumun, kekik ekstraktının bakteri karşıtı etkisi nedeniyle protein bozulmasına ve alkil grupların oluşumuna olan

etkisiyle uyumlu olduğu belirtilmiştir (Salem vd. 2010).

4.6.2.6. Su tutma kapasitesi (STK)

4°C’de 8 gün boyunca depolanan ve *E. coli* bulaşması varlığına göre çeşitli konsantrasyonlarda kekik özütü ile işlem gören kıyma tavuk etindeki STK yüzdesi Çizelge 4.24’te sunulmaktadır. Başlangıçta, 0. gün, tüm özütler aynı STK yüzdesini, %35.54 olarak göstermiştir. Depolama süresi ilerledikçe farklılıklar belirginleşir. *E. coli* olmayan örneklerde, tüm özüt konsantrasyonları için STK yüzdeleri zamanla genellikle azalır, bu da STK’nde bir düşüş olduğunu gösterir. Kontrol grubu (A), 8. gün en düşük STK yüzdesini (%26.41) sergiler, ardından B (%26.67), C (%28.36) ve en yüksek D (%31.14) gelir. *E. coli* ile bulaşmış örneklerde, STK yüzdeleri azalma da dikkat çekicidir. *E. coli* içeren örneklerde, depolama süresi boyunca en düşük STK yüzdesini gösterir, en yüksek konsantrasyonlu kekik özütü (0.5) 8. gün itibarıyla en yüksek STK yüzdesini (%26.97) sergiler. Bu bulgular, kekik özütünün kıyma tavuk etinin STK üzerinde stabilizasyon etkisi olabileceğini ve özellikle *E. coli* bulaşması varlığında daha yüksek konsantrasyonların daha belirgin bir etki gösterdiğini öne sürmektedir. Genel olarak, sonuçlar, kekik özütünün, 4°C’de soğutmalı depolama sırasında kıyma tavuk etinin STK’ni ve kalitesini koruma potansiyelini vurgulamaktadır.

Çizelge 4.24. *E. coli* mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin 4±1°C farklı günlerde depolanması sürecinde STK değişimi (%)

Uygulamalar	0. Gün	2. Gün	4. Gün	6. Gün	8. Gün
A	35.54±2.12 ^{aD}	32.99±2.3 ^{cD}	29.69±2.19 ^{cC}	28.69±1.11 ^{cB}	26.41±1.15 ^{cA}
B	35.54±2.12 ^{aD}	32.14±1.0 ^{bC}	31.51±1.32 ^{bBC}	30.51±2.41 ^{bB}	26.67±1.04 ^{cA}
C	35.54±2.12 ^{aD}	32.83±2.44 ^{abC}	32.22±2.4 ^{abBC}	31.21±1.44 ^{abB}	28.36±1.44 ^{bA}
D	35.54±2.12 ^{aD}	33.61±2.1 ^{aC}	32.98±2.1 ^{aB}	31.98±1.12 ^{aB}	31.14±1.12 ^{aA}
E	35.54±2.12 ^{aD}	31.55±1.1 ^{cC}	29.92±2.1 ^{cB}	28.92±2.13 ^{cB}	24.75±1.1 ^{dA}
F	35.54±2.12 ^{aD}	31.77±1.1 ^{cD}	32.14±2.2 ^{cC}	29.14±1.15 ^{cB}	25.31±1.15 ^{dA}
G	35.54±2.12 ^{aD}	32.28±2.3 ^{bC}	31.45±2.39 ^{bBC}	32.45±2.39 ^{bB}	26.61±1.39 ^{cA}
H	35.54±2.12 ^{aD}	32.44±2.1 ^{bC}	31.81±2.54 ^{bB}	32.81±2.23 ^{bB}	26.97±1.21 ^{cA}

A: (Kontrol), B: (Kontrol + 0.10%), C: (Kontrol + 0.25%), D: (Kontrol + 0.50%), E: (İnoküle), F: (İnoküle + 0.10%), G: (İnoküle + 0.25%), H: (İnoküle + 0.50%). Tablodaki sayılar ortalama ve standart hatayı temsil etmektedir. Küçük harfler özüt konsantrasyonlarının etkisini, büyük harfler ise depolama sürelerinin etkisini temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$).

Bir çalışma, depolama sırasında kontrol örneğiyle karşılaştırıldığında, tavuk ve hindi köftelerine %0.1 kekik özütü eklenmesinin etkisini göstermiştir. Elde edilen sonuçlar, %0.1 kekik özütü eklenmesiyle tavuk ve hindi köftelerinde STK’nin arttığını göstermiştir (Sorour vd. 2022).

Türetilmiş fenolik bileşiklerin su ile hidrojen bağı kurma yeteneği, etin su bağlama

kapasitesini etkileyebilir (Maga 1987). Ancak, Yosi vd. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, depolama süreci sırasında anaerobik glikolizin meydana geldiğini ve bu durumun etin su bağlama kapasitesini azalttığını, sonuç olarak etten daha fazla suyun kaçmasına neden olduğunu bulmuştur. Depolama sırasında STK'ndeki azalmanın protein denatürasyonuna ve protein çözünürlüğündeki kayıplara atfedilebileceğini bildirmiştir (Hegazy 2004). Bu çalışmaya göre, su kaybındaki azalma, protein de dahil olmak üzere azotlu bileşiklerin bozulmasının bir kanıtı olan TVB-N değerindeki artıştan kaynaklanmaktadır.

15°C'de 4 gün boyunca depolanan ve *E. coli* bulaşması varlığına göre çeşitli konsantrasyonlarda kekik özütü ile işlem gören kıyma tavuk etindeki STK yüzdesini göstermektedir (Çizelge 4.25). Başlangıçta, 0. gün, tüm gruplar aynı STK yüzdesini, %35.54 olarak göstermiş ve depolama süresi ilerledikçe farklılıklar belirginleşmiştir. *E. coli* olmayan örneklerde, tüm özüt konsantrasyonları için STK yüzdeleri zamanla genellikle azalmış, bu da STK'nde bir azalma olduğunu göstermiştir. Kontrol grubu (A), 4. gün en düşük STK yüzdesini (%24.69) sergiler, ve en yüksek D (%29.31) gözlenmiştir. *E. coli* ile bulaşmış örneklerde, STK yüzdeleri azalma da dikkat çekicidir. *E. coli* içeren örneklerde, depolama süresi boyunca en düşük STK yüzdesini gösterir, en yüksek konsantrasyonlu kekik özütü (H grubu) 4. gün itibarıyla en yüksek STK yüzdesini (%27.81) sergiler. Bu bulgular, kekik özütünün kıyma tavuk etinin STK üzerinde stabilizasyon etkisi olabileceğini ve özellikle *E. coli* bulaşması varlığında daha yüksek konsantrasyonların daha belirgin bir etki gösterdiğini öne sürmektedir. Genel olarak, sonuçlar, kekik özütünün, 15°C'de soğutmalı depolama sırasında kıyma tavuk etinin STKni ve kalitesini koruma potansiyelini vurgulamaktadır.

Çizelge 4.25. *E. coli* mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin 15±1°C farklı günlerde depolanması sürecinde STK değişimi (%)

Uygulamalar	0. Gün	2. Gün	4. Gün
A	35.54±2.12 ^{aC}	28.41±1.27 ^{dB}	24.69±1.19 ^{dA}
B	35.54±2.12 ^{aC}	29.34±2.4 ^{bcdB}	26.51±1.49 ^{cA}
C	35.54±2.12 ^{aC}	31.36±1.17 ^{bB}	27.22±2.04 ^{bcA}
D	35.54±2.12 ^{aC}	31.47±2.16 ^{aB}	29.31±2.32 ^{aA}
E	35.54±2.12 ^{aC}	26.75±1.43 ^{eB}	24.92±1.10 ^{dA}
F	35.54±2.12 ^{aC}	27.32±2.25 ^{eB}	25.14±2.08 ^{dA}
G	35.54±2.12 ^{aC}	28.61±2.09 ^{cdB}	26.45±2.13 ^{cA}
H	35.54±2.12 ^{aC}	29.64±2.34 ^{bcB}	27.81±2.21 ^{bA}

A: (Kontrol), B: (Kontrol + 0.10%), C: (Kontrol + 0.25%), D: (Kontrol + 0.50%), E: (İnoküle), F: (İnoküle + 0.10%), G: (İnoküle + 0.25%), H: (İnoküle + 0.50%). Tablodaki sayılar ortalama ve standart hatayı temsil etmektedir. Küçük harfler özüt konsantrasyonlarının etkisini, büyük harfler ise depolama sürelerinin etkisini temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$).

Protein oksidasyonu genellikle etin su tutma kapasitesini (STK) azaltır. Bu durum, etin pişirilmesi sırasında daha fazla su kaybına yol açabilir. Liu vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada bu konu üzerine detaylı bir inceleme yapılmıştır. Ayrıca, farklı çalışmalarda bulunan bulgulara, protein oksidasyonunun et üzerindeki etkilerini araştırmış ve pişirme sırasında su kaybının artmasına neden olduğunu göstermiştir (Soladoye vd. 2015; Wang vd. 2009).

4.6.2.7. Pişirme kaybı

4°C’de 8 gün boyunca depolanan ve *E. coli* varlığına göre çeşitli konsantrasyonlarda kekik özütü ile işlem gören kıyma tavuk etindeki pişirme kaybı yüzdesini göstermektedir (Çizelge 4.26). *E. coli* içermeyen örneklerde depolama süresinin sonunda (8 gün) gözlemlenen en yüksek pişirme kaybı %27.82 (A) iken, en düşük %22.83 (D) olarak kaydedilmiştir. *E. coli* içeren en yüksek pişirme kaybı %28.58 (E) ve en düşük %24.44 (H) olarak gözlemlenmiştir. Depolama günleri boyunca, çoğu özüt konsantrasyonu için pişirme kaybında tutarlı bir artış gözlemlenmiş, bu da depolama sırasında ilerleyen nem kaybını göstermektedir. Bu artış, hem kekik özütü hem de *E. coli* ile işlem görenlere kıyasla yalnızca kekik özütü ile işlem gören örneklerde daha belirgin olup, özütün nem kaybına karşı potansiyel koruyucu bir etkisi olduğunu öne sürmektedir. Özellikle, en yüksek ve en düşük pişirme kaybı değerleri arasındaki fark zamanla azalmakta, bu da depolama süresi arttıkça pişirme kaybı değerlerinin yakınsamasını göstermektedir. Ayrıca, özüt konsantrasyonunun pişirme kaybı üzerindeki etkisi, depolama süresi ilerledikçe azalmakta, bu da hem özüt konsantrasyonu hem de depolama süresi tarafından etkilenen potansiyel bir nem tutma dengesini öne sürmektedir. Protein oksidasyonu genellikle etin su tutma kapasitesini (STK) azaltır. Bu durum, etin pişirilmesi sırasında daha fazla su kaybına yol açabilir. Liu vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada bu konu üzerine detaylı bir inceleme yapılmıştır. Ayrıca, farklı çalışmalarda bulunan bulgulara, protein oksidasyonunun et üzerindeki etkilerini araştırmış ve pişirme sırasında su kaybının artmasına neden olduğunu göstermiştir (Soladoye vd. 2015; Wang vd. 2009).

15°C’de 4 gün boyunca depolanan ve *E. coli* bulaşması varlığına göre çeşitli konsantrasyonlarda kekik özütü ile işlem gören kıyma tavuk etindeki pişirme kaybı yüzdesini ifade etmektedir (Çizelge 4.27). *E. coli* olmadan 4. gün meydana gelen en yüksek pişirme kaybına bakıldığında, A grubu ile işlem gören ette %31.82 pişirme kaybı gözlemlenmişken, en düşük pişirme kaybı %18.52 olarak *E. coli* olmadan ve herhangi bir özüt işlemi uygulanmadan 0. gün gözlemlenmiştir. Günler arası karşılaştırmada, tüm işlemlerde 0. günden 4. güne kadar pişirme kaybında belirgin bir artış gözlemlenmiş, bu da zamanla etin potansiyel bozulması veya ayrışmasını göstermektedir. Ek olarak, özütleri karşılaştırdığımızda, daha yüksek konsantrasyonlarda kekik özütünün, test edilen konsantrasyonlar arasında çok büyük olmasa da, pişirme kaybı yüzdelerinde biraz daha düşük sonuçlar verdiği görülen bir eğilim bulunmaktadır, bu da pişirme kaybına karşı potansiyel bir koruyucu etkiyi önermektedir. Ancak, bu farklar, günler arası gözlemlenen varyasyonlar kadar belirgin değildir, bu da bozulma sürecinde zamanın önemini vurgulamaktadır. Benzer şekilde, *E. coli* tanıtıldığında, bakteri varlığı ve yokluğu arasındaki işlemler arasında ince farklar bulunsa da, zamanla artan pişirme kaybının genel eğilimi tutarlı kalmaktadır.

Çizelge 4.26. *E. coli* mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin $4\pm1^{\circ}\text{C}$ farklı günlerde depolanması sürecinde pişirme kaybı değişimi (%)

Uygulamalar	0. Gün	2. Gün	4. Gün	6. Gün	8. Gün
A	18.52±1.77 ^{aD}	21.13±1.42 ^{abC}	21.76±1.26 ^{cC}	24.25±1.33 ^{bB}	27.82±1.43 ^{bA}
B	18.52±1.77 ^{aD}	19.11±1.26 ^{cdCD}	21.28±1.17 ^{cdC}	23.21±1.41 ^{cB}	25.61±1.17 ^{dA}
C	18.52±1.77 ^{aD}	18.65±1.16 ^{deCD}	19.82±1.16 ^{deC}	21.75±1.16 ^{dB}	25.15±1.16 ^{deA}
D	18.52±1.77 ^{aD}	18.33±1.21 ^{eC}	19.51±1.32 ^{eBC}	21.43±1.12 ^{eB}	22.83±1.32 ^{fA}
E	18.52±1.77 ^{aD}	21.38±1.28 ^{aD}	22.55±1.14 ^{aC}	25.48±1.18 ^{aB}	28.58±1.16 ^{aA}
F	18.52±1.77 ^{aD}	19.91±1.14 ^{abD}	21.41±1.18 ^{bC}	24.11±1.11 ^{bcB}	27.41±1.19 ^{bcA}
G	18.52±1.77 ^{aD}	19.49±1.18 ^{bcD}	21.66±1.23 ^{cC}	23.25±1.16 ^{cB}	26.99±1.18 ^{cA}
H	18.52±1.77 ^{aD}	18.94±1.32 ^{cdeC}	19.45±1.13 ^{eC}	21.71±1.15 ^{dB}	24.44±1.12 ^{eA}

A: (Kontrol), B: (Kontrol + 0.10%), C: (Kontrol + 0.25%), D: (Kontrol + 0.50%), E: (İnoküle), F: (İnoküle + 0.10%), G: (İnoküle + 0.25%), H: (İnoküle + 0.50%). Tablodaki sayılar ortalama ve standart hatayı temsil etmektedir. Küçük harfler özüt konsantrasyonlarının etkisini, büyük harfler ise depolama sürelerinin etkisini temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$).

Çizelge 4.27. *E. coli* mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin $15\pm1^{\circ}\text{C}$ farklı günlerde depolanması sürecinde pişirme kaybı değişimi (%)

Uygulamalar	0. Gün	2. Gün	4. Gün
A	18.52±0.77 ^{aC}	25.70±1.42 ^{bB}	31.82±0.93 ^{bA}
B	18.52±0.77 ^{aC}	24.11±1.17 ^{cB}	29.61±1.17 ^{cA}
C	18.52±0.77 ^{aC}	22.65±0.16 ^{dB}	29.15±0.86 ^{cdA}
D	18.52±0.77 ^{aC}	21.33±1.2 ^{eB}	27.50±0.72 ^{eA}
E	18.52±0.77 ^{aC}	26.71±1.18 ^{aB}	33.58±1.18 ^{aA}
F	18.52±0.77 ^{aC}	25.23±1.1 ^{bB}	31.40±0.91 ^{bA}
G	18.52±0.77 ^{aC}	23.49±0.98 ^{cdB}	29.32±1.08 ^{cdA}
H	18.52±0.77 ^{aC}	22.61±0.72 ^{dB}	28.78±0.92 ^{dA}

A: (Kontrol), B: (Kontrol + 0.10%), C: (Kontrol + 0.25%), D: (Kontrol + 0.50%), E: (İnoküle), F: (İnoküle + 0.10%), G: (İnoküle + 0.25%), H: (İnoküle + 0.50%). Tablodaki sayılar ortalama ve standart hatayı temsil etmektedir. Küçük harfler özüt konsantrasyonlarının etkisini, büyük harfler ise depolama sürelerinin etkisini temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$).

Pişirme kaybı ile çiğ etin protein ve lipid oksidasyonu arasında güçlü bir ilişki bulunmaktadır. Pişirme sürecinde etteki proteinler ve lipidler, oksidatif stres altında kalabilir ve bu durum etin kalitesini önemli ölçüde etkileyebilir. Protein oksidasyonu, etin dokularının yapısını değiştirerek su tutma kapasitesini azaltabilir (STK), bu da etin pişirme kaybını artırabilir. Ayrıca, lipid oksidasyonu da etin lezzetini, tekstürünü ve besin değerini olumsuz yönde etkileyebilir (Kumar vd. 2015; Soladoye vd. 2015).

Pişmiş kıyma etinin depolama stabilitesi ve kalite özellikleri üzerine kekik yağı eklenmesinin etkisine dair yapılan araştırma çalışmaları mevcuttur. Bu çalışmalardan biri, tavuk eti üzerinde yapılmıştır ve Al-Hijazeen vd. (2016b) tarafından yayımlanmıştır. Çalışma, kekik yağı eklemenin pişmiş tavuk kıyma etinin antioksidan aktivitesini artırdığını ve lipid oksidasyonunu azalttığını göstermiştir. Bu durum, etin depolama süresince kalite özelliklerini korumasına yardımcı olabilir. Diğer bir çalışma ise domuz ve dana eti üzerinde yapılmış olup, (Fasseas vd. 2008) tarafından yapılmıştır. Bu çalışma da kekik yağı ilavesinin pişmiş kıyma etinin kalite parametrelerini nasıl etkilediğini incelemiştir. Kekik yağının antioksidan özellikleri nedeniyle lipidlerin oksidasyonunu inhibe ettiği ve dolayısıyla etin raf ömrünü uzattığı bulunmuştur. Bu çalışmalar, kekik yağının pişmiş kıyma etinin kalite özelliklerini korumada ve depolama stabilitesini artırmada potansiyel bir katkı sağlayabileceğini göstermektedir. Bu tür doğal antioksidanların et işleme endüstrisinde kullanımı, ürünlerin tazeliğini ve besin değerini koruma açısından önemli bir strateji olarak değerlendirilmektedir.

Pişmiş kıyma etinin depolama stabilitesi ve kalite özellikleri üzerine kekik yağı doğrudan eklenmesinin etkisine dair araştırma çalışmaları yayımlanmıştır: bunlardan biri tavuk eti ile (Al-Hijazeen vd. 2016b) ve diğeri domuz ve dana eti ile (Fasseas vd. 2008) yapılmıştır.

Okside çiğ etin pişirme kaybını artırmasıyla ilgili olarak yapılan araştırmalar, çeşitli etkileri açıklamaktadır. (Liu vd. 2010), tarafından yapılan çalışma, protein oksidasyonunun etin su tutma kapasitesini (STK) azaltabileceğini ve bu durumun pişirme sırasında daha fazla su kaybına yol açabileceğini göstermiştir. Protein oksidasyonu, etin dokularının yapısını değiştirerek suyun tutulmasını zorlaştırabilir. Bu, etin pişirme sürecinde daha fazla su kaybına ve dolayısıyla pişirme kaybının artmasına neden olabilir. Ayrıca, lipid oksidasyonu da etin yağ asidi profiline ve lezzetine zarar verebilir, bu da etin kalitesini olumsuz yönde etkileyebilir. Çiğ etin su tutma kapasitesi (STK), birçok faktörden etkilenebilmektedir. (Al-Hijazeen 2019) yaptığı çalışmaya göre, etin STK'si toplam protein içeriği ve amino asit kompozisyonundan da etkilenebilir. Proteinlerin yapısı ve amino asit bileşimi, etin suyu tutma yeteneğini doğrudan etkileyebilir. Bununla birlikte, etin pişirme kaybı çeşitli içsel ve dışsal faktörlerden etkilenebilir. Örneğin, etin öğütme süreci, yüzey alanı, yağ içeriği, pişirme yöntemi, kas lifi tipi ve etin tazeliği gibi faktörler pişirme kaybını önemli ölçüde etkileyebilir (Barbanti ve Pasquini 2005; Guerrero vd. 2013; Lorenzo ve Domínguez 2014; Murphy ve Marks 2000).

4.6.2.8. Sızıntı kaybı

4°C'de 8 gün boyunca depolanan ve *E. coli* varlığına göre çeşitli konsantrasyonlarda kekik özütü ile işlem gören kıyma tavuk etindeki sızıntı kaybı yüzdesini göstermektedir (Çizelge 4.28).

Çizelge 4.28. *E. coli* mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin $4\pm1^{\circ}\text{C}$ farklı günlerde depolanması sürecinde sızıntı kaybı değişimi (%)

Uygulamalar	0. Gün	2. Gün	4. Gün	6. Gün	8. Gün
A	3.16 ± 0.11 ^{aE}	5.63 ± 0.24 ^{bD}	6.55 ± 0.25 ^{bC}	7.25 ± 0.31 ^{aB}	8.65 ± 0.29 ^{bA}
B	3.16 ± 0.11 ^{aE}	5.27 ± 0.24 ^{cD}	6.39 ± 0.32 ^{cC}	6.85 ± 0.22 ^{bB}	8.26 ± 0.15 ^{cA}
C	3.16 ± 0.11 ^{aE}	5.04 ± 0.31 ^{deD}	6.20 ± 0.43 ^{dC}	6.62 ± 0.33 ^{cB}	7.87 ± 0.51 ^{dA}
D	3.16 ± 0.11 ^{aE}	4.43 ± 0.13 ^{fD}	5.75 ± 0.24 ^{cC}	6.11 ± 0.42 ^{eB}	7.16 ± 0.23 ^{fA}
E	3.16 ± 0.11 ^{aE}	6.01 ± 0.19 ^{aD}	6.93 ± 0.21 ^{aC}	7.29 ± 0.39 ^{aB}	8.94 ± 0.41 ^{aA}
F	3.16 ± 0.11 ^{aE}	5.75 ± 0.18 ^{bD}	6.67 ± 0.27 ^{bC}	7.00 ± 0.38 ^{bB}	8.55 ± 0.35 ^{bA}
G	3.16 ± 0.11 ^{aE}	5.23 ± 0.26 ^{cdD}	6.38 ± 0.29 ^{cC}	6.61 ± 0.33 ^{cB}	7.96 ± 0.36 ^{dA}
H	3.16 ± 0.11 ^{aE}	4.968 ± 0.24 ^{eC}	6.18 ± 0.23 ^{dB}	6.34 ± 0.32 ^{dB}	7.65 ± 0.37 ^{eA}

A: (Kontrol), B: (Kontrol + 0.10%), C: (Kontrol + 0.25%), D: (Kontrol + 0.50%), E: (İnoküle), F: (İnoküle + 0.10%), G: (İnoküle + 0.25%), H: (İnoküle + 0.50%). Tablodaki sayılar ortalama ve standart hatayı temsil etmektedir. Küçük harfler özüt konsantrasyonlarının etkisini, büyük harfler ise depolama sürelerinin etkisini temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p\leq 0.05$).

En yüksek ve en düşük sızıntı kaybı yüzdelerini karşılaştırdığımızda, *E. coli* olmadan %0.5 kekik özütü konsantrasyonu (D) ile yapılan işlem, tüm günler boyunca sürekli olarak en düşük sızıntı kaybını sergilemiş, 0. gün için %3.16'den başlayarak 8. gün için %8.65'ye kadar artmıştır. *E. coli* içeren örnekler, 0. gün için %3.16'den başlayarak 8. gün için %8.94'e kadar en yüksek sızıntı kaybı yüzdelerini göstermiştir. Bu sonuçlar, daha yüksek konsantrasyonlarda kekik özütünün, daha düşük sızıntı kaybı yüzdeleriyle ilişkili olduğunu ve böylece nemin daha iyi korunmasını ve genel et kalitesini göstermektedir. Ayrıca, *E. coli* varlığı genellikle *E. coli* olmayan işlemlere göre daha yüksek sızıntı kaybı yüzdelerine yol açmış, bu da bakteriyel kontaminasyon nedeniyle artan et bozulmasını göstermektedir. Tüm özütlerde, sızıntı kaybı uzayan depolama süresiyle artma eğiliminde olup, etten ilerleyen nem kaybını göstermektedir. Ek olarak, depolama süresi arttıkça özütler arasındaki farklar daha belirgin hale gelmiş, bu da zamanla et kalitesini korumada kekik özütü konsantrasyonlarının farklı etkinliklerini öne sürmektedir.

Araştırma sonuçları, 15°C 'de dört gün boyunca depolanan ve çeşitli konsantrasyonlarda kekik özütü ve *E. coli* ile muamele edilen kıyma tavuk etindeki sızıntı kaybı yüzdesini göstermektedir (Çizelge 4.29). Tüm özütlerde, depolama süresi boyunca sızıntı kaybı genellikle artmış, günler arasında önemli farklılıklar gözlemlenmiştir. Örneğin, 0. gün sızıntı kaybı yüzdeleri %3.16 gösterirken, 4. gün bu oranlar önemli ölçüde artarak %7.06 ile %8.44 arasında değişmiştir.

Çizelge 4.29. *E. coli* mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin 15±1°C farklı günlerde depolanması sürecinde sızıntı kaybı değişimi (%)

Uygulamalar	0. Gün	2. Gün	4. Gün
A	3.16±0.11 ^{aC}	6.65±0.35 ^{bB}	8.15±0.39 ^{bA}
B	3.16±0.11 ^{aC}	6.59±0.32 ^{bB}	7.80±0.39 ^{cA}
C	3.16±0.11 ^{aC}	6.36±0.34 ^{cdB}	7.57±0.42 ^{deA}
D	3.16±0.11 ^{aC}	5.85±0.29 ^{eB}	7.06±0.33 ^{fA}
E	3.16±0.11 ^{aC}	7.03±0.39 ^{aB}	8.44±0.37 ^{aA}
F	3.16±0.11 ^{aC}	6.97±0.31 ^{aB}	8.18±0.42 ^{bA}
G	3.16±0.11 ^{aC}	6.55±0.28 ^{bcB}	7.76±0.36 ^{cdA}
H	3.16±0.11 ^{aC}	6.28±0.32 ^{dB}	7.48±0.38 ^{eA}

A: (Kontrol), B: (Kontrol + 0.10%), C: (Kontrol + 0.25%), D: (Kontrol + 0.50%), E: (İnoküle), F: (İnoküle + 0.10%), G: (İnoküle + 0.25%), H: (İnoküle + 0.50). Tablodaki sayılar ortalama ve standart hatayı temsil etmektedir. Küçük harfler özüt konsantrasyonlarının etkisini, büyük harfler ise depolama sürelerinin etkisini temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$).

Kekik özütünün farklı konsantrasyonları arasında da sızıntı kaybında farklılıklar gözlemlenmiştir. Genellikle, daha yüksek konsantrasyonlar (D), çoğu gün boyunca daha düşük sızıntı kaybı sergilemiş, buna karşın daha düşük konsantrasyonlar (%0.1 ve %0.25) daha yüksek sızıntı kaybı göstermiştir. Ancak, bu farklılıklar depolama süresi boyunca değişiklik göstermiştir. Örneğin, 4. gün *E. coli* ve kekik özütü ile muamele edilen örneklerde, *E. coli* olmayanlara göre sızıntı kaybı yüzdeleri önemli ölçüde daha yüksektir. Bu gözlemler, kekik özütü konsantrasyonunun ve *E. coli*'nin varlığının, 15°C'de depolama sırasında kıyma tavuk etindeki sızıntı kaybını etkileyebileceğini ve zamanla ve farklı tedaviler arasında gözlemlenen varyasyonları öne sürmektedir. Tüm muameleler ve günler arasında en yüksek ve en düşük sızıntı kaybı yüzdelerini karşılaştırdığımızda, en yüksek sızıntı kaybı yüzdesi 4. gün E muamelesinde (%8.44) meydana gelirken, en düşük sızıntı kaybı D muamelesinde gözlemlenmiştir. Bu, hem *E. coli*'nin varlığının hem de kekik özütü konsantrasyonunun sızıntı kaybı üzerindeki etkisini göstermektedir. Ek olarak, her muamele içinde farklı günler arasında sızıntı kaybını karşılaştırdığımızda, zamanla genel bir artış eğilimi olduğunu ve depolama süresi arttıkça tüm uygulamalar için sızıntı kaybının birikme eğiliminde olduğunu göstermektedir.

Tavuk göğsü gibi et gıdalarında, sızıntı kaybı oranı genellikle yüksektir. Bu durum, kas liflerindeki proteinlerin bozulmasıyla ilişkilidir ve su tutma kapasitesi (STK) hızla azalabilir (Gomez-Portilla vd. 2016; Mir vd. 2017a). Kas liflerindeki proteinlerin bozulması, etin suyu tutma yeteneğini azaltabilir. Bu durum, etin daha fazla sızıntı kaybına ve pişirme sırasında su kaybının artmasına neden olabilir. Tavuk göğsü gibi düşük yağ içeriğine sahip etlerde bu etki daha belirgin olabilir çünkü yağın azlığı, suyun tutulmasında kritik bir rol oynayabilir.

4.6.3. Mikroorganizma ile kontamine edilen et numunesinde bitkisel özütlerin mikrobiyal düzeylere etkieri

4.6.3.1. Toplam aerobik bakteri (TAB) sayımı

Toplam aerobik bakteri (TAB), ürünlerin raf ömrünü tahmin etmek için bir kriter olarak kullanılmıştır (Elzamzamy 2014) ve mezofilik aerobik bakteriler için önerilen maksimum sayım limiti olarak 7 log kob/g (Khaled vd. 2016) tarafından belirlenmiştir. 4°C’de 8 gün boyunca depolanan ve çeşitli kekik özütü ve *E. coli* ile muamele edilen kıyma tavuk etindeki TAB için koloni oluşturan birimleri (kob) göstermektedir (Çizelge 4.30).

Çizelge 4.30. *E. coli* mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin 4±1 °C farklı günlerde depolanması sürecinde toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı değişimi (log kob/g)

Uygulamalar	0. Gün	2. Gün	4. Gün	6. Gün	8. Gün
A	3.23±0.24 ^{bE}	4.95±0.24 ^{dD}	5.41±0.23 ^{dC}	7.53±0.23 ^{cB}	8.55±0.23 ^{cA}
B	3.23±0.24 ^{bE}	4.70±0.22 ^{eD}	5.33±0.22 ^{dC}	6.99±0.24 ^{eB}	8.17±0.24 ^{dA}
C	3.23±0.24 ^{bE}	4.23±0.21 ^{fD}	4.77±0.25 ^{eC}	6.46±0.24 ^{gB}	6.85±0.22 ^{gA}
D	3.23±0.24 ^{bE}	4.16±0.22 ^{fD}	4.41±0.24 ^{fC}	5.80±0.26 ^{hB}	6.15±0.22 ^{hA}
E	3.23±0.24 ^{bE}	5.83±0.23 ^{aD}	6.39±0.23 ^{aC}	8.66±0.23 ^{aB}	9.63±0.23 ^{aA}
F	3.23±0.24 ^{bE}	5.68±0.23 ^{bD}	6.19±0.24 ^{bC}	7.79±0.23 ^{bB}	8.90±0.22 ^{bA}
G	3.23±0.24 ^{bE}	5.20±0.23 ^{cD}	5.73±0.23 ^{cC}	7.21±0.25 ^{dB}	7.86±0.21 ^{eA}
H	3.23±0.24 ^{bE}	4.89±0.25 ^{dC}	4.75±0.22 ^{eC}	6.78±0.21 ^{fB}	7.28±0.34 ^{fA}

A: (Kontrol), B: (Kontrol + 0.10%), C: (Kontrol + 0.25%), D: (Kontrol + 0.50%), E: (İnoküle), F: (İnoküle + 0.10%), G: (İnoküle + 0.25%), H: (İnoküle + 0.50%). Tablodaki sayılar ortalama ve standart hatayı temsil etmektedir. Küçük harfler özüt konsantrasyonlarının etkisini, büyük harfler ise depolama sürelerinin etkisini temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$).

Tez kapsamında elde edilen bulgulara göre, tüm gruplarda, kob genellikle depolama süresi boyunca artmış, günler arasında anlamlı farklılıklar gözlemlenmiştir. 0. gün 3.23 log kob/g tespit ederken, 8. gün bu sayılar anlamlı ölçüde artarak 6.15 ile 9.63 log kob/g arasında değişmiştir. Kekik özütünün farklı konsantrasyonları arasında da kob’da farklılıklar gözlemlenmiştir. Genellikle, daha yüksek konsantrasyonlar (D grubu), depolama süresi boyunca daha düşük kob sergilemiş, buna karşın daha düşük konsantrasyonlar (B ve C grupları) daha yüksek kob göstermiştir. Ancak, bu farklılıklar depolama süresi boyunca değişiklik göstermiştir. 6. ve 8. günlerde, *E. coli* ve kekik özütü ile muamele edilen örneklerde, *E. coli* olmayanlara göre kob anlamlı ölçüde daha yüksek olduğunu göstermiştir. Bu gözlemler hem kekik özütü konsantrasyonunun hem de *E. coli*’nin varlığının, 4°C’de depolama sırasında kıyma tavuk etindeki TAB etkileyebileceğini ve zamanla ve farklı muameleler arasında farklılıklar gözlemlenmiştir. Bu, hem *E. coli*’nin varlığının hem de kekik özütü konsantrasyonunun TAB üzerindeki etkisini göstermektedir.

Saewan vd. (2021b) tarafından yapılan çalışmada, depolama süresinin altıncı gününde bacak etinde ortalama 302×10^6 koloni oluşturma birimi/gram gibi en yüksek hava yolu bakteri sayısı elde edilmiştir. Khaled vd. (2016) tarafından gösterilen çalışmalar, %5 oranında kekik özütü ile işlenen örneklerin %2.5'e göre daha uzun raf ömrüne sahip olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, Chouliara vd. (2007) tarafından yapılan çalışmalar, tavuk göğsü etinin %1 oranında kekik yağı ile işlenmesinin %0.1'e göre çok daha güçlü bir koruyucu etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Çalışmamızın elde ettiği sonuçlar, literatürdeki çalışmalarla uyumlu olarak, kekik özütü konsantrasyonunun artmasıyla mikrobiyal büyümeyi inhibe etme kapasitesinin arttığını göstermektedir.

Sardalya köftelerindeki TAB ve psikrotrofik bakteri sayısı, 7 günlük depolama süresinin sonunda 2.50 ve 2.60 log kob/g'den 6.72 ve 6.98 log kob/g'ye yükselmiştir (Kilinc vd. 2008). Gıdaların başlangıç bozulması, genellikle kokudaki değişiklikler nedeniyle 10^6 kob/g ile meydana gelir (Dainty ve Mackey 1992). Ayrıca, maksimum toplam canlı bakteri sayımı limiti olan 10^7 kob/g dikkate alınmalıdır. (Foods 1974). Luo vd. (2007), 4 °C'de saklanan et burgerlerinde benzer sonuçlarını bulmuş ve depolama sırasında TAB önemli bir azalma gözlemlenmiş, ancak tüm örnekler için 7 gün sonra kalitenin bozulduğu bildirilmiştir.

15°C'de dört 4 boyunca depolanan ve çeşitli konsantrasyonlarda kekik özütü ve *E. coli* ile muamele edilen kıyma tavuk etindeki TAB için koloni oluşturan birimler (kob) göstermektedir (Çizelge 4.31). Tüm gruplarda, kob genellikle depolama süresi boyunca artmış, günler arasında önemli farklılıklar gözlemlenmiştir. Örneğin, 0. gün kob 3.23 iken, 4. gün itibarıyla 6.81 ile 9.32 log kob/g arasında önemli bir artış göstermiştir. Kekik özütünün farklı konsantrasyonları arasında da kob'da farklılıklar gözlemlenmiştir. Genellikle, daha yüksek konsantrasyonlar (D grubu), çoğu gün boyunca daha düşük kob sergilemiş, buna karşın daha düşük konsantrasyonlar (B ve C grupları) daha yüksek kob göstermiştir. Ancak, bu farklılıklar depolama süresi boyunca değişiklik göstermiştir. 2. gün *E. coli* ve kekik özütü ile muamele edilen örneklerde, *E. coli* olmayanlara göre kob önemli ölçüde daha yüksektir. Bu gözlemler, kekik özütü konsantrasyonunun ve *E. coli*'nin varlığının, 15°C'de depolama sırasında kıyma tavuk etindeki TAB'ı etkileyebileceğini ve zamanla ve farklı muameleler arasında farklılıklar gözlemlenmiştir. Bu, hem *E. coli*'nin varlığının hem de kekik özütü konsantrasyonunun TAB üzerindeki etkisini göstermektedir. Ek olarak, her muamele içinde farklı günler arasında kob sayılarını karşılaştırdığımızda, zamanla genel bir artış eğilimi olduğunu ve depolama süresi arttıkça tüm uygulamalar için mikrobiyal büyümenin birikme eğiliminde olduğunu göstermektedir.

Tez kapsamında elde edilen bulgular (Babuskin vd. 2014) ile tutarlıdır. Bu çalışmada, kümes hayvanları karanfil, tarçın ve kekik özütlerinin bir kombinasyonu ile muamele edilmiş, bu da toplam bakteri sayısını azaltmış ve etin parlaklık ve kırmızılık değerlerini artırmıştır. Benzer bulgular, Trindade vd. tarafından da elde edilmiştir; bu çalışmada, sığır burgerlerine kilogram başına 400 mg kekik özütü eklenmesinin, yağ asitlerinin ikincil bozunma ürünlerinin miktarını azalttığı kanıtlanmıştır (Tsigarida vd. 2000).

Çizelge 4.311. *E. coli* mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin 15±1°C farklı günlerde depolanması sürecinde toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı değişimi (log kob/g)

Uygulamalar	0. Gün	2. Gün	4. Gün
A	3.23±0.24 ^{bC}	5.79±0.31 ^{bB}	8.87±0.42 ^{bA}
B	3.23±0.24 ^{bC}	5.35±0.32 ^{dB}	8.54±0.45 ^{bA}
C	3.23±0.24 ^{bC}	5.20±0.31 ^{eB}	7.72±0.43 ^{cdA}
D	3.23±0.24 ^{bC}	4.49±0.35 ^{hB}	6.81±0.49 ^{eA}
E	3.23±0.24 ^{bC}	5.92±0.31 ^{aB}	9.32±0.55 ^{aA}
F	3.23±0.24 ^{bC}	5.51±0.35 ^{cB}	8.67±0.61 ^{bA}
G	3.23±0.24 ^{bC}	5.06±0.33 ^{fB}	8.03±0.4 ^{cA}
H	3.23±0.24 ^{bC}	4.81±0.32 ^{gB}	7.55±0.47 ^{dA}

A: (Kontrol), B: (Kontrol + 0.10%), C: (Kontrol + 0.25%), D: (Kontrol + 0.50%), E: (İnoküle), F: (İnoküle + 0.10%), G: (İnoküle + 0.25%), H: (İnoküle + 0.50%). Tablodaki sayılar ortalama ve standart hatayı temsil etmektedir. Küçük harfler özüt konsantrasyonlarının etkisini, büyük harfler ise depolama sürelerinin etkisini temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$).

Elde edilen sonuçlar, Skandamis ve Nychas (2001) tarafından yapılan çalışmalarla da uyumludur. Bu çalışmada, %0.8 kekik esansiyel yağı eklenmesiyle sığır etindeki başlangıç mikroflorasının azaldığı ortaya çıkmıştır. Aynı bilim insanları ekibi, %1 kekik yağı eklendiğinde kıyma sığır etindeki toplam bakteri sayısında 1 log kob/g azalma kaydetmiştir (Moreno ve Arteaga-Miñano 2018). Bu bulgular, kekik özütü ve kekik esansiyel yağının antimikrobiyal özelliklerinin et ürünlerinde mikrobiyal yükü azaltma potansiyelini göstermektedir. Kekik özütü ve esansiyel yağının, özellikle raf ömrü boyunca mikrobiyal büyümeyi inhibe ederek et kalitesini koruma üzerindeki olumlu etkileri, gıda güvenliği ve muhafaza stratejilerinde önemli bir rol oynayabilir. Bu nedenle, kekik yağı ve özütü gibi doğal antimikrobiyal ajanların kullanımı, et ürünlerinin raf ömrünü uzatmak ve mikrobiyal bozulmayı azaltmak için etkili bir yöntem olarak değerlendirilmektedir.

Kontrol (A) örnekleri ve *E. coli* içeren tüm örnekler, 4°C'de altıncı gününde toplam aerobik bakteri sayısının 7 log kob/g'ı geçmediğini gösteren H örnekler hariç, izin verilen sınırları (7 log kob/g) aşmıştır. 8. günde ise sadece C ve D örnekleri bu sınırları aşmamıştır. 15°C'de saklanan örneklerde ise sadece D örneği 4 günlük saklama süresi sonunda sınırları aşmamıştır. Bu, kekik özütünün ürünün raf ömrünü artırdığını göstermektedir.

4.6.3.2. Staphylococcus sayısı

4°C'de 8 gün boyunca depolanan ve çeşitli konsantrasyonlarda kekik özütü ve *E. coli* ile muamele edilen kıyma tavuk etindeki *Staphylococcus* koloni oluşturan Çizelge 4.32'de gösterilmektedir. Elde edilen bulgulara göre, tüm özütlerde, kob genellikle depolama süresi boyunca artmış, günler arasında önemli farklılıklar gözlemlenmiştir.

Örneğin, 0. gün 1.93 log kob/g ve 8. gün itibarıyla önemli ölçüde artarak 2.91 ile 4.65 log kob/g arasında değişmiştir. Kekik özütünün farklı konsantrasyonları arasında da kob'da farklılıklar gözlemlenmiştir. Genellikle, daha yüksek konsantrasyonlar (D), depolama periyotları sırasında, daha düşük kob sergilemiş, buna karşın daha düşük konsantrasyonlar (B ve C) daha yüksek kob göstermiştir. Ancak, bu farklılıklar depolama süresi boyunca değişiklik göstermiştir. 6. ve 8. günlerde, *E. coli* ve kekik özütü ile muamele edilen örneklerde, *E. coli* olmayanlara göre kob önemli ölçüde daha düşüktür. Bu gözlemler, kekik özütü konsantrasyonunun ve *E. coli*'nin varlığının, 4°C'de depolama sırasında kıyma tavuk etindeki *Staphylococcus* sayısını etkileyebileceğini ve zamanla ve farklı muameleler arasında gözlemlenen varyasyonları öne sürmektedir. Tüm muameleler ve günler arasında en yüksek ve en düşük kob sayılarını karşılaştırdığımızda, en yüksek kob sayısı 8. gün A muamelesinde (4.65 log kob/g) meydana gelirken, en düşük kob sayısı 8. gün H muamelesinde (2.91 log kob/g) gözlemlenmiştir. Bu, hem *E. coli*'nin varlığının hem de kekik özütü konsantrasyonunun *Staphylococcus* sayısı üzerindeki etkisini göstermektedir. Ek olarak, her muamele içinde farklı günler arasında kob sayılarını karşılaştırdığımızda, zamanla genel bir artış eğilimi olduğunu ve depolama süresi arttıkça mikrobiyal büyümenin birikme eğiliminde olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.32. *E. coli* mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin 4±1°C farklı günlerde depolanması sürecinde *Staphylococcus* sayısı değişimi (log kob/g)

Uygulamalar	0. Gün	2. Gün	4. Gün	6. Gün	8. Gün
A	1.93±0.12 ^{aE}	2.13±0.13 ^{aD}	2.67±0.18 ^{aC}	3.94±0.25 ^{aB}	4.65±0.24 ^{aA}
B	1.93±0.12 ^{aE}	2.07±0.11 ^{bD}	2.53±0.12 ^{bC}	3.79±0.21 ^{bB}	4.25±0.25 ^{bA}
C	1.93±0.12 ^{aE}	2.00±0.13 ^{cD}	2.39±0.14 ^{cC}	3.40±0.24 ^{cB}	3.92±0.22 ^{dA}
D	1.93±0.12 ^{aE}	1.95±0.10 ^{dD}	2.21±0.11 ^{eC}	2.99±0.21 ^{eB}	3.07±0.24 ^{fA}
E	1.93±0.12 ^{aE}	2.03±0.14 ^{cD}	2.67±0.15 ^{aC}	3.47±0.25 ^{cB}	4.27±0.22 ^{bA}
F	1.93±0.12 ^{aE}	1.94±0.12 ^{dD}	2.39±0.12 ^{cC}	3.20±0.24 ^{dB}	4.13±0.22 ^{cA}
G	1.93±0.12 ^{aE}	1.91±0.11 ^{deD}	2.29±0.14 ^{dC}	3.00±0.22 ^{eB}	3.52±0.26 ^{eA}
H	1.93±0.12 ^{aE}	1.88±0.14 ^{eD}	2.06±0.13 ^{fC}	2.41±0.25 ^{fB}	2.91±0.24 ^{gA}

A: (Kontrol), B: (Kontrol + 0.10%), C: (Kontrol + 0.25%), D: (Kontrol + 0.50%), E: (İnoküle), F: (İnoküle + 0.10%), G: (İnoküle + 0.25%), H: (İnoküle + 0.50%). Tablodaki sayılar ortalama ve standart hatayı temsil etmektedir. Küçük harfler özüt konsantrasyonlarının etkisini, büyük harfler ise depolama sürelerinin etkisini temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$).

15°C'de 4 gün boyunca saklanan kıyma tavuk etindeki *Staphylococcus* sayım birimlerini, çeşitli kekik ekstresi uygulamaları ve *E. coli* varlığında göstermektedir. Tüm ekstrelerde, kob genellikle saklama süresi boyunca artmış ve günler arasında önemli farklar gözlemlenmiştir (Çizelge 4.33). Örneğin, 0. günde 1.93 log kob/g tespit edilmiştir. 4. gün itibarıyla önemli ölçüde yükselerek 3.23 ile 4.76 log kob/g arasında bir değere ulaşmıştır. Kekik ekstresinin farklı konsantrasyonları arasında da kob'de farklılıklar açıkça görülmektedir. Genellikle, daha yüksek konsantrasyonlar (D), çoğu gün boyunca daha düşük *Staphylococcus* sayım sergileme eğilimindedir, buna karşın daha düşük konsantrasyonlar (B ve C) daha yüksek kob değerlerine sahiptir. Ancak bu farklılıklar

saklama süresi boyunca değişkenlik göstermiştir. Örneğin, 4. gün itibarıyla *E. coli* ve kekik ekstresi ile işlem görmüş örneklerde, *E. coli*'siz olanlara kıyasla kob önemli ölçüde daha yüksektir. Bu gözlemler, kekik ekstresi konsantrasyonunun ve *E. coli* varlığının, 15°C'de saklama süresince kıyma tavuk etindeki *Staphylococcus* sayımını etkileyebileceğini ve zamanla ve farklı uygulamalar arasında değişiklikler gözlemlendiğini öne sürmektedir. Bu, *E. coli* varlığının ve kekik ekstresi konsantrasyonunun *Staphylococcus* sayımı üzerindeki etkisini göstermektedir.

Çizelge 4.33. *E. coli* mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin 15±1°C farklı günlerde depolanması sürecinde *Staphylococcus* sayısı değişimi (log kob/g)

Uygulamalar	0. Gün	2. Gün	4. Gün
A	1.93±0.12 ^{aC}	2.79±0.22 ^{aB}	4.76±0.36 ^{aA}
B	1.93±0.12 ^{aC}	2.45±0.22 ^{bB}	4.61±0.38 ^{bA}
C	1.93±0.12 ^{aC}	2.08±0.15 ^{dB}	3.98±0.33 ^{eA}
D	1.93±0.12 ^{aC}	1.86±0.14 ^{eB}	3.70±0.35 ^{fA}
E	1.93±0.12 ^{aC}	2.22±0.13 ^{cB}	4.35±0.36 ^{cA}
F	1.93±0.12 ^{aC}	1.01±0.23 ^{dB}	4.16±0.34 ^{dA}
G	1.93±0.12 ^{aC}	1.67±0.15 ^{fB}	3.69±0.26 ^{fA}
H	1.93±0.12 ^{aC}	1.37±0.14 ^{gB}	3.23±0.26 ^{gA}

A: (Kontrol), B: (Kontrol + 0.10%), C: (Kontrol + 0.25%), D: (Kontrol + 0.50%), E: (İnoküle), F: (İnoküle + 0.10%), G: (İnoküle + 0.25%), H: (İnoküle + 0.50%). Tablodaki sayılar ortalama ve standart hatayı temsil etmektedir. Küçük harfler özüt konsantrasyonlarının etkisini, büyük harfler ise depolama sürelerinin etkisini temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$).

Staphylococcus aureus'un tavuk etindeki yaygınlığı ve kontrol yöntemleri üzerine yapılan araştırmalar, bu bakterinin hem halk sağlığı hem de gıda güvenliği açısından önemli bir risk oluşturduğunu göstermektedir. *Staphylococcus aureus*, özellikle kümes hayvanlarında sıklıkla bulunan ve tavuk etine bulaşabilen patojen bir bakteri türüdür. Tavuk etinde *S. aureus*'un varlığı, gıda kaynaklı hastalıklara neden olabileceği için büyük bir endişe kaynağıdır. Bu bakterinin yaygınlığı ve farklı biyokontrol yöntemlerinin etkinliği üzerine yapılan araştırmalar, deniz yosunu özütleri gibi doğal bileşenlerin kullanımının umut verici sonuçlar verdiğini göstermektedir (Hamad vd. 2022). *Staphylococcus* spp., genellikle cilt veya mukoz membran bariyerlerinin bozulduğu durumlarda enfeksiyonlara neden olabilir ve bu bağlamda *S. aureus*, en patojenik tür olarak öne çıkmaktadır (Devriese 1980). Kekik özütünün antibakteriyel özellikleri, tavuk etinde bulunan *Staphylococcus aureus* ve diğer patojenlerin sayısını azaltmada etkili olabilir. Kekik özütünün içeriğindeki fenolik bileşikler, bakteriyel hücre duvarını bozarak veya metabolik süreçleri engelleyerek bakterilerin büyümesini durdurabilir. Özellikle yüksek konsantrasyonlarda kekik özütü kullanımı, bakteriyel yükü önemli ölçüde azaltabilir. *E. coli*'nin varlığı, *Staphylococcus* spp. üzerinde dolaylı etkiler yaratabilir; bu durum, mikrobiyal rekabet ve çevresel koşulların değişimiyle ilişkilidir.

Bu çalışma, gıda güvenliği ve et ürünlerinin raf ömrü üzerine yapılan

araştırmalarda önemli bir katkı sağlamaktadır. Kekik ekstresinin farklı konsantrasyonlarının et ürünlerinin mikrobiyal kalitesi üzerindeki etkilerini anlamak, gıda endüstrisinde doğal koruyucuların kullanımını optimize etmek için değerli bilgiler sunmaktadır. Ayrıca, patojenik mikroorganizmaların varlığının bu etkiler üzerindeki rolünü belirlemek, gıda işleme ve saklama yöntemlerinin geliştirilmesine yardımcı olabilir.

4.6.3.3. Psikrotrofik bakteri sayımı

Araştırma sonuçları, 4°C’de 8 gün boyunca saklanan kıyma tavuk etindeki psikrotrofik bakterilerin koloni oluşturan birimlerini (kob), farklı konsantrasyonlarda kekik özütü (%0, 0.1, 0.25 ve 0.5) ile ve *E. coli* kontaminasyonu olmadan veya ile muamele edilmiş olarak göstermektedir (Çizelge 4.34). Başlangıçta, 0. gün itibarıyla, 3.63 log kob/g seviyeleri sergilemiş. Saklama süreci ilerledikçe, dikkate değer farklılıklar ortaya çıkmaktadır. *E. coli* olmayan örneklerde, kob sayıları genellikle zamanla artmış, 8. gün itibarıyla en yüksek konsantrasyonlu kekik özütü (D) en düşük bakteri büyümesini sergilemiştir (5.82 log kob/g), bunu C (6.51 log kob/g), B (7.40 log kob/g) ve A (8.33 log kob/g) en yüksek olduğunu tespit etmiştir. *E. coli* ile kontamine edilmiş örneklerde, psikrotrofik bakterilerin büyümesi daha az belirgin olmuş, kekik özütünün artan konsantrasyonları daha düşük kob sayıları ile ilişkilendirilmiştir. 8. gün itibarıyla, E grubu ikinci en yüksek bakteri büyümesini göstermiştir (8.14 log kob/g), buna karşın H kekik özütü grubu en düşük büyümeyi sergilemiştir (6.42 log kob/g). Bu eğilim, özellikle *E. coli* kontaminasyonu varlığında, kekik özütünün daha yüksek konsantrasyonlarının bakteri çoğalmasını engellemede daha etkili olduğunu göstermektedir. Tüm gruplar arasında, veriler, soğutulmuş saklama sırasında kıyma tavuk etinde bakteriyel bozulmayı azaltmada kekik özütünün potansiyelini vurgulamaktadır.

Çizelge 4.34. *E. coli* mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin 4±1°C farklı günlerde depolanması sürecinde psikrotrofik bakteri sayısı değişimi (log kob/g)

Uygulamalar	0. Gün	2. Gün	4. Gün	6. Gün	8. Gün
A	3.63±0.11 ^{aD}	4.79±0.22 ^{aC}	6.49±0.32 ^{aB}	6.42±0.34 ^{bB}	8.33±0.33 ^{aA}
B	3.63±0.11 ^{aD}	4.35±0.22 ^{bC}	5.99±0.31 ^{cB}	6.12±0.3 ^{dB}	7.40±0.34 ^{cA}
C	3.63±0.11 ^{aD}	3.99±0.20 ^{bcD}	5.47±0.31 ^{dC}	5.91±0.33 ^{eB}	6.51±0.31 ^{dA}
D	3.63±0.11 ^{aD}	3.92±0.29 ^{cD}	4.69±0.3 ^{gC}	5.57±0.3 ^{fB}	5.82±0.33 ^{eA}
E	3.63±0.11 ^{aD}	4.12±0.2 ^{bcD}	6.21±0.31 ^{bC}	7.04±0.34 ^{aB}	8.14±0.31 ^{bA}
F	3.63±0.11 ^{aD}	3.75±0.21 ^{cD}	5.34±0.31 ^{eC}	6.30±0.33 ^{cB}	7.38±0.31 ^{cA}
G	3.63±0.11 ^{aD}	3.34±0.2 ^{dE}	5.06±0.3 ^{fC}	6.12±0.31 ^{dB}	6.45±0.35 ^{dA}
H	3.63±0.11 ^{aD}	2.97±0.11 ^{eE}	4.66±0.32 ^{gC}	5.52±0.34 ^{fB}	6.42±0.33 ^{dA}

A: (Kontrol), B: (Kontrol + 0.10%), C: (Kontrol + 0.25%), D: (Kontrol + 0.50%), E: (İnoküle), F: (İnoküle + 0.10%), G: (İnoküle + 0.25%), H: (İnoküle + 0.50%). Tablodaki sayılar ortalama ve standart hatayı temsil etmektedir. Küçük harfler özüt konsantrasyonlarının etkisini, büyük harfler ise depolama sürelerinin etkisini temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$).

Psikrotroflar, soğukta büyüeyebilen mikroorganizmalar olarak tanımlanır ve bu nedenle tavuk eti gibi soğukta saklanan gıdalarda yaygın olarak bulunurlar. Saklama süresi boyunca psikrotrofların sayısında kademeli bir artış gözlenmesi, bu mikroorganizmaların düşük sıcaklıklarda bile çoğalabildiğini göstermektedir. Farklı çalışmalarda, saklama süresinin uzamasıyla birlikte psikrotrofların sayısında artış olduğunu, ancak belirli özüt seviyelerinin bu artışı önemli ölçüde azaltabileceğini ortaya koymuştur (Elzamzamy 2014; Khaled vd. 2016). Kekik özütü, antimikrobiyal özellikleri sayesinde psikrotrofların büyümesini engelleyebilir. Özellikle kekik özütünün yüksek konsantrasyonlarda kullanımı, bakteriyel yükü önemli ölçüde azaltabilir. Ayrıca, kekik özütünün bu bakterileri 7.02 log kob (koloni oluşturan birim) kadar azaltabileceğini göstermiştir. Bu, kekik özütünün soğukta saklanan tavuk eti gibi gıdalarda mikrobiyal kontaminasyonu kontrol etmede etkili bir doğal koruyucu olduğunu ortaya koymaktadır (Elzamzamy 2014; Khaled vd. 2016).

Bir çalışmaya göre, et örneklerinde psikrotrofik bakterilerin toplam miktarı zamanla değişmiştir. Başlangıçta psikrotrofik bakterilerin sayısı 4.41 log cfu/g iken, depolama süresi boyunca bu miktar 8.79 log cfu/g'ye ulaşmıştır. Aynı çalışma, kekik kullanımının bu bakterileri 7.02 log cfu/g'ye düşürdüğünü göstermiştir (Rashidimehr vd. 2022). Başka bir çalışmada, 7 günlük saklama süresinin sonunda Sardalya köftelerindeki TAB ve psikrotrofik bakterilerin sayısı 2.50 ve 2.60 log kob/g'den 6.72 ve 6.98 log kob/g'ye kadar artmıştır (Kilinc vd. 2008).

Çizelge 4.35. *E. coli* mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin 15±1°C farklı günlerde depolanması sürecinde psikrotrofik bakteri sayısı değişimi (log kob/g)

Uygulamalar	0. Gün	2. Gün	4. Gün
A	3.63±0.11 ^{aC}	6.18±0.28 ^{cB}	8.83±0.32 ^{cA}
B	3.63±0.11 ^{aC}	5.82±0.26 ^{dB}	8.60±0.29 ^{dA}
C	3.63±0.11 ^{aC}	5.14±0.26 ^{fB}	7.91±0.31 ^{eA}
D	3.63±0.11 ^{aC}	4.92±0.23 ^{gB}	7.42±0.29 ^{fA}
E	3.63±0.11 ^{aC}	7.08±0.21 ^{aB}	9.64±0.28 ^{aA}
F	3.63±0.11 ^{aC}	6.81±0.27 ^{bB}	9.08±0.35 ^{bA}
G	3.63±0.11 ^{aC}	6.21±0.26 ^{cB}	8.75±0.30 ^{cA}
H	3.63±0.11 ^{aC}	5.51 ±0.22 ^{eB}	7.98±0.28 ^{eA}

A: (Kontrol), B: (Kontrol + 0.10%), C: (Kontrol + 0.25%), D: (Kontrol + 0.50%), E: (İnoküle), F: (İnoküle + 0.10%), G: (İnoküle + 0.25%), H: (İnoküle + 0.50%). Tablodaki sayılar ortalama ve standart hatayı temsil etmektedir. Küçük harfler özüt konsantrasyonlarının etkisini, büyük harfler ise depolama sürelerinin etkisini temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$).

15°C'de 4 gün boyunca saklanan kıyma tavuk etindeki psikrotrofik bakterilerin koloni oluşturan birimlerini (kob), farklı konsantrasyonlarda kekik özütü (0, 0.1, 0.25 ve 0.5) ile ve *E. coli* kontaminasyonu olmadan veya ile muamele edilmiş olarak göstermektedir (Çizelge 4.35). Başlangıçta, 0. gün itibarıyla, tüm özütler yaklaşık 3.63 log kob/g civarında benzer kob seviyeleri sergilemiştir. *E. coli* olmayan örneklerde, kob

sayıları genellikle zamanla artmış, E grubu (sadece *E. coli* içeren örnek) 4. gün itibarıyla en yüksek bakteri büyümesini göstermiştir (9.64 log kob/g), bunu A (8.83 log kob/g), D (7.42 log kob/g) ve H (7.98 log kob/g) takip etmiştir. Bu eğilim, özellikle *E. coli* kontaminasyonu varlığında, kekik özütünün daha yüksek konsantrasyonlarının bakteri çoğalmasını engellemede daha etkili olduğunu göstermektedir. Genel olarak, bu bulgular, 15°C’de soğutulmuş saklama sırasında kıyma tavuk etinde bakteriyel bozulmayı azaltmada kekik özütünün potansiyelini vurgulamaktadır.

4.6.3.4. Koliform bakteri sayımı

4°C’de 8 gün boyunca saklanan kıyma tavuk etindeki koliform bakterilerin koloni oluşturan birimleri (kob), farklı konsantrasyonlarda kekik özütü (0, 0.1, 0.25 ve 0.5) ve *E. coli* kontaminasyonu olmadan veya muamele edilmiş olarak gösterilmektedir (Çizelge 4.36). Başlangıçta, 0. gün itibarıyla, tüm gruplarda yaklaşık 1.11 log kob/g civarında benzer kob seviyeleri sergilemiş. Saklama süresi ilerledikçe, farklılıklar belirginleşmiştir. *E. coli* olmayan örneklerde, tüm özüt konsantrasyonları için kob sayıları genellikle zamanla artmıştır. Kontrol grubu (A), 8. gün itibarıyla *E. coli* içermeyen örneklerle göre en yüksek bakteri büyümesini göstermiştir (2.56 log kob/g), bunu B (2.34 log kob/g), C (2.11 log kob/g) ve en düşük D (1.39 log kob/g) takip etmiştir. *E. coli* ile kontamine edilmiş örneklerde, koliform bakterilerin büyümesi daha belirgin olmuştur. *E. coli* kontaminasyonu olan kontrol grubu (E grubu), saklama süresi boyunca en yüksek bakteri büyümesini göstermiş, kekik özütünün en yüksek konsantrasyonu (H), 8. gün itibarıyla en düşük kob sayısını sergilemiştir (3.29 log kob/g).

Çizelge 4.36. *E. coli* mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin 4±1°C farklı günlerde depolanması sürecinde koliform bakteri sayısı değişimi (log kob/g)

Uygulamalar	0. Gün	2. Gün	4. Gün	6. Gün	8. Gün
A	1.11±0.16 ^{aD}	1.57±0.17 ^{dC}	2.16±0.17 ^{eB}	2.22±0.19 ^{eB}	2.56±0.19 ^{eA}
B	1.11±0.16 ^{aD}	1.51±0.15 ^{deD}	1.94±0.16 ^{fC}	2.16±0.15 ^{eB}	2.34±0.12 ^{fA}
C	1.11±0.16 ^{aD}	1.44±0.15 ^{eC}	1.79±0.16 ^{gB}	1.82±0.18 ^{fB}	2.11±0.17 ^{gA}
D	1.11±0.16 ^{aD}	1.34±0.14 ^{fB}	1.38±0.15 ^{hB}	1.60±0.15 ^{gB}	1.39±0.19 ^{hA}
E	1.11±0.16 ^{aD}	2.62±0.15 ^{aC}	3.75±0.16 ^{aB}	3.83±0.19 ^{aB}	4.25±0.17 ^{aA}
F	1.11±0.16 ^{aD}	2.56±0.16 ^{aD}	3.54±0.16 ^{bC}	3.69±0.18 ^{bB}	4.15±0.19 ^{bA}
G	1.11±0.16 ^{aD}	2.31±0.15 ^{bD}	3.04±0.15 ^{cC}	3.46±0.16 ^{cB}	3.95±0.21 ^{cA}
H	1.11±0.16 ^{aD}	2.20±0.16 ^{cD}	2.38±0.17 ^{dC}	2.73±0.19 ^{dB}	3.29±0.18 ^{dA}

A: (Kontrol), B: (Kontrol + 0.10%), C: (Kontrol + 0.25%), D: (Kontrol + 0.50%), E: (İnoküle), F: (İnoküle + 0.10%), G: (İnoküle + 0.25%), H: (İnoküle + 0.50%). Tablodaki sayılar ortalama ve standart hatayı temsil etmektedir. Küçük harfler özüt konsantrasyonlarının etkisini, büyük harfler ise depolama sürelerinin etkisini temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$).

Bu bulgular, kekik özütünün koliform bakteri büyümesi üzerinde bazı inhibe edici etkiler gösterdiğini, ancak özellikle *E. coli* kontaminasyonu varlığında etkinliğinin sınırlı olduğunu göstermektedir. Genel olarak, kekik özütünün daha yüksek konsantrasyonları,

daha düşük kob sayıları ile ilişkilendirilmekte, bu da onun bir koruyucu olarak kullanım potansiyelini göstermektedir, ancak etkinlik *E. coli*'nin varlığına ve özütün konsantrasyonuna bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.

Khaled vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada, kekik özütlerinin 4°C'de depolanan et örneklerde koliform bakteri sayısını azalttığı gözlemlenmiştir. Bu durum, kekik özütlerinin antimikrobiyal özelliklerinden kaynaklanabilir ve bu özütlerin gıda korumasında potansiyel uygulamalarını gösterebilir. koliform sayısı açısından kekik ekstraktı ile muamele edilmiş ve edilmemiş çiğ piliç butları arasında fark bulamamışlardır. Bu durum, kekik ekstraktının mikrobiyal aktivite üzerindeki etkilerinin, uygulanan ekstrakt miktarına ve depolama koşullarına bağlı olarak değişebileceğini göstermektedir (Vatansever vd. 2008)

Çizelge 4.37. *E. coli* mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin 15±1°C farklı günlerde depolanması sürecinde koliform bakteri sayısı değişimi (log kob/g)

Uygulamalar	0. Gün	2. Gün	4. Gün
A	1.11±0.16 ^{aC}	2.20±0.19 ^{eB}	3.66±0.26 ^{eA}
B	1.11±0.16 ^{aC}	2.05±0.15 ^{eB}	3.44±0.23 ^{fA}
C	1.11±0.16 ^{aC}	1.80±0.16 ^{fB}	3.21±0.25 ^{gA}
D	1.11±0.16 ^{aC}	1.45±0.11 ^{gB}	2.66±0.18 ^{hA}
E	1.11±0.16 ^{aC}	4.75±0.26 ^{aB}	5.95±0.26 ^{aA}
F	1.11±0.16 ^{aC}	4.20±0.28 ^{bB}	5.45±0.26 ^{bA}
G	1.11±0.16 ^{aC}	3.64±0.17 ^{cB}	4.95±0.26 ^{cA}
H	1.11±0.16 ^{aC}	3.12±0.21 ^{dB}	4.29±0.29 ^{dA}

A: (Kontrol), B: (Kontrol + 0.10%), C: (Kontrol + 0.25%), D: (Kontrol + 0.50%), E: (İnoküle), F: (İnoküle + 0.10%), G: (İnoküle + 0.25%), H: (İnoküle + 0.50%). Tablodaki sayılar ortalama ve standart hatayı temsil etmektedir. Küçük harfler özüt konsantrasyonlarının etkisini, büyük harfler ise depolama sürelerinin etkisini temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$).

15°C'de 4 gün boyunca saklanan kıyma tavuk etindeki koliform bakterilerin koloni oluşturan birimlerini (kob), farklı konsantrasyonlarda kekik özütü (%0, 0.1, 0.25 ve 0.5) ile ve *E. coli* kontaminasyonu olmadan veya ile muamele edilmiş olarak göstermektedir (Çizelge 4.37). Başlangıçta, 0. gün itibarıyla, tüm gruplarda 1.11 log kob/g benzer kob seviyeleri sergilemiş. Saklama süresi ilerledikçe, farklılıklar belirginleşmiştir. *E. coli* olmayan (A) örneklerde, tüm özüt konsantrasyonları için kob sayıları genellikle azalmıştır, bu da kekik özütünün potansiyel bir antimikrobiyal etkisi olduğunu düşündürmektedir. Ancak, bu azalma kekik özütünün daha yüksek konsantrasyonları ile daha belirgindir. Örneğin, 4. gün itibarıyla, kontrol grubu (A) 3.36 log kob/g. kob sayısını sergilerken, 0.5 kekik özütü (D) grubu en düşük sayıyı göstermiştir (2.66 log kob/g). *E. coli* ile kontamine edilmiş örneklerde, koliform bakterilerin büyümesi daha belirgin olmuştur. *E. coli* kontaminasyonu olan kontrol grubu, saklama süresi boyunca en yüksek bakteri büyümesini göstermiş, kekik özütünün en yüksek konsantrasyonu (H), 4. gün itibarıyla en düşük kob sayısını sergilemiştir (4.29 log kob/g).

Bu bulgular, kekik özütünün özellikle daha yüksek konsantrasyonlarda koliform bakteri büyümesi üzerinde bazı inhibe edici etkileri olabileceğini, ancak özellikle *E. coli* kontaminasyonu varlığında etkinliğinin sınırlı olduğunu göstermektedir. Genel olarak, veriler, kekik özütünün kıyma tavuk etinde koliform bakteri büyümesini azaltmada bir koruyucu olarak potansiyel gösterdiğini, ancak etkinliğini optimize etmek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğunu belirtmektedir.

4.6.3.5. Maya ve küf sayımı

4°C’de 8 gün boyunca saklanan kıyma tavuk etindeki maya ve küfün koloni oluşturan birimleri (kob), farklı konsantrasyonlarda kekik özütü (%0, 0.1, 0.25 ve 0.5) ve *E. coli* kontaminasyonu olmadan veya muamele edilmiş olarak gösterilmektedir (Çizelge 4.38). Başlangıçta, 0. gün itibarıyla, tüm özütler yaklaşık 2.12 log kob/g civarında benzer kob seviyeleri sergilenmiştir. Saklama süresi ilerledikçe, varyasyonlar belirginleşmiştir. *E. coli* olmayan örneklerde, tüm gruplarda kob sayıları genellikle zamanla artmıştır. 8. gün itibarıyla, kontrol (A) grubu en yüksek kob sayısını göstermiştir (5.56 log kob/g), bunu B (5.41 log kob/g), C (5.03 log kob/g) ve D (4.54 log kob/g) takip etmiştir. *E. coli* içeren örneklerde, saklama süresi boyunca sürekli olarak yüksek kob sayısını sergilemiş, kekik özütünün en yüksek konsantrasyonu (H), 8. gün itibarıyla en düşük kob sayısını göstermiştir (4.19 log kob/g). Bu bulgular, kekik özütünün maya ve küf büyümesi üzerinde bazı inhibe edici etkiler gösterdiğini, ancak özellikle *E. coli* kontaminasyonu varlığında etkinliğinin sınırlı olduğunu göstermektedir. Genel olarak, kekik özütünün daha yüksek konsantrasyonları, daha düşük kob sayıları ile ilişkilendirilmekte, bu da onun bir koruyucu olarak kullanım potansiyelini göstermektedir, ancak etkinlik *E. coli*’nin varlığına ve özütün konsantrasyonuna bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.

Çizelge 4.38. *E. coli* mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin 4±1°C farklı günlerde depolanması sürecinde maya ve küf sayısı değişimi (log kob/g)

Uygulamalar	0. Gün	2. Gün	4. Gün	6. Gün	8. Gün
A	2.12±0.14 ^{aD}	3.50±0.22 ^{aC}	4.37±0.25 ^{aB}	4.77±0.27 ^{aB}	5.56±0.27 ^{aA}
B	2.12±0.14 ^{aD}	3.45±0.21 ^{aC}	4.30±0.24 ^{aB}	4.71±0.23 ^{aB}	5.41±0.26 ^{bA}
C	2.12±0.14 ^{aD}	3.26±0.23 ^{cC}	4.19±0.24 ^{bB}	4.50±0.26 ^{abB}	5.03±0.24 ^{cA}
D	2.12±0.14 ^{aD}	3.22±0.22 ^{cdC}	4.01±0.23 ^{cB}	4.26±0.23 ^{bB}	4.54±0.26 ^{eA}
E	2.12±0.14 ^{aD}	3.37±0.23 ^{bC}	4.12±0.24 ^{bB}	4.55±0.27 ^{abB}	5.16±0.24 ^{cA}
F	2.12±0.14 ^{aD}	3.33±0.24 ^{bC}	4.01±0.24 ^{cB}	4.26±0.26 ^{bB}	5.16±0.24 ^{cA}
G	2.12±0.14 ^{aD}	3.23±0.23 ^{cdC}	3.91±0.23 ^{cB}	4.22±0.24 ^{bAB}	4.86±0.28 ^{dA}
H	2.12±0.14 ^{aD}	3.19±0.24 ^{dB}	3.61±0.25 ^{dAB}	3.66±0.27 ^{cAB}	4.19±0.26 ^{fA}

A: (Kontrol), B: (Kontrol + 0.10%), C: (Kontrol + 0.25%), D: (Kontrol + 0.50%), E: (İnoküle), F: (İnoküle + 0.10%), G: (İnoküle + 0.25%), H: (İnoküle + 0.50%). Tablodaki sayılar ortalama ve standart hatayı temsil etmektedir. Küçük harfler özüt konsantrasyonlarının etkisini, büyük harfler ise depolama sürelerinin etkisini temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$).

Khaled vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada, kekik özütünün soğuk saklama sırasında muamele edilen örneklerde maya ve küf toplam sayısında hafif bir azalmaya yol açtığı bulunmuştur. Bu azalma, kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığında benzer düzeyde olmuştur. Bu bulgular, kekik özütünün antimikrobiyal aktivitesinin maya ve küfler üzerinde de etkili olabileceğini göstermektedir, bu da gıda koruması için potansiyel uygulamalarını daha da desteklemektedir.

Chouliara vd. (2007) tarafından yapılan çalışmada, kekik yağlarının (0.1% ve 1% konsantrasyonlarda) 4°C'de depolanan örneklerde maya popülasyonlarını önemli ölçüde azalttığı gözlemlenmiştir. Başlangıçta çok düşük olan (<2 log kob/g) maya popülasyonları, 9. gün itibarıyla kekik yağı içeren örneklerde belirgin bir şekilde azalmıştır. Özellikle %1 kekik yağı içeren örneklerde bu azalmanın daha belirgin olduğu görülmüştür. Bu bulgular, Conner ve Beuchat (1984a) çalışması ile de uyumludur, çünkü bu çalışma da kekik yağlarının mikrobiyal büyümeyi inhibe etme yeteneğini göstermiştir. Kekik yağlarının antimikrobiyal özellikleri, gıda korumasında potansiyel uygulamalarını destekleyen önemli bir bulgu olarak değerlendirilebilir.

Çizelge 4.39. *E. coli* mikroorganizması inoküle edilmemiş ve edilmiş et numunelerine farklı konsantrasyonlarda ilave edilen kekik özütünün numunelerin 15±1°C farklı günlerde depolanması sürecinde maya ve küf sayısı değişimi (log kob/g)

Uygulamalar	0. Gün	2. Gün	4. Gün
A	2.12±0.14 ^{aC}	3.94±0.24 ^{aB}	6.07±0.28 ^{aA}
B	2.12±0.14 ^{aC}	3.76±0.27 ^{bB}	5.85±0.26 ^{bA}
C	2.12±0.14 ^{aC}	3.54±0.23 ^{cB}	5.38±0.27 ^{cA}
D	2.12±0.14 ^{aC}	3.14±0.23 ^{eB}	5.14±0.25 ^{dA}
E	2.12±0.14 ^{aC}	3.87±0.27 ^{aB}	6.10±0.29 ^{aA}
F	2.12±0.14 ^{aC}	3.68±0.24 ^{bB}	5.80±0.24 ^{bA}
G	2.12±0.14 ^{aC}	3.40±0.23 ^{dB}	5.05±0.26 ^{eA}
H	2.12±0.14 ^{aC}	3.17±0.24 ^{eB}	4.85±0.26 ^{fA}

A: (Kontrol), B: (Kontrol + 0.10%), C: (Kontrol + 0.25%), D: (Kontrol + 0.50%), E: (İnoküle), F: (İnoküle + 0.10%), G: (İnoküle + 0.25%), H: (İnoküle + 0.50%). Tablodaki sayılar ortalama ve standart hatayı temsil etmektedir. Küçük harfler özüt konsantrasyonlarının etkisini, büyük harfler ise depolama sürelerinin etkisini temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$).

15°C'de 4 gün boyunca saklanan kıyma tavuk etinde, farklı konsantrasyonlarda kekik özütü (%0, 0.1, 0.25 ve 0.5) ile muamele edilmiş ve *E. coli* kontaminasyonu olmayan veya olan örneklerdeki maya ve küf koloni oluşturan birimlerini (kob) göstermektedir (Çizelge 4.39). İlk gün (0. gün), tüm gruplar benzer kob seviyeleri (yaklaşık 2.31 log kob/g) sergilemiştir. Saklama süresi ilerledikçe farklar belirginleşmiştir. *E. coli* olmayan örneklerde, tüm özüt konsantrasyonları kıyaslayarak kob sayıları genellikle zamanla azalmış, bu da kekik özütünün maya ve küf büyümesi üzerinde baskılayıcı bir etkisi olduğunu göstermiştir. Ancak, inhibisyon derecesi konsantrasyona bağlı olarak değişmiştir. Kontrol grubu (A), 4. gün itibarıyla en yüksek kob sayısını (6.07 log kob/g) gösterirken ve en düşük D (5.14 log kob/g) takip etmiştir.

E. coli içeren örneklerde, maya ve küf büyümesi belirgin olmuştur. *E. coli* kontaminasyonu olan kontrol grubu, saklama süresi boyunca en yüksek kob sayısını sergilemiş, kekik özütünün en yüksek konsantrasyonu (H) 4. gün itibarıyla en düşük kob sayısını (4.85 log kob/g) göstermiştir. Bu sonuçlar, kekik özütünün maya ve küf büyümesi üzerinde baskılayıcı bir etkisi olduğunu ve özellikle *E. coli* kontaminasyonu varlığında daha yüksek konsantrasyonların daha etkili olduğunu düşündürmektedir. Genel olarak, bu bulgular, kekik özütünün, 15°C’de soğutulmuş saklama sırasında kıyma tavuk etinde maya ve küf büyümesini azaltmada koruyucu olarak potansiyelini vurgulamaktadır.

Bu çalışmanın kapsamında elde edilen bulgulara göre, kekik özütünün gıda koruma uygulamalarında doğal bir katkı maddesi olarak kullanım potansiyelini destekleyen diğer çalışmalarla uyumludur. Örneğin, kekik özütünün et ürünlerinin raf ömrünü artırdığı ve lipid oksidasyonunu azalttığı belirtilmiştir (Nieto 2020). Ayrıca, kekik özütünün *Campylobacter jejuni* gibi patojenlere karşı antimikrobiyal etkinliği olduğu gösterilmiştir (Hassan ve Al-Zuhairi 2022). Bu tür bulgular, kekik özütünün gıda endüstrisinde doğal bir koruyucu olarak kullanımının artırılmasına yönelik ilgiyi artırmaktadır. Kekik özütünün, özellikle yüksek konsantrasyonlarda, *E. coli* gibi patojenlerin varlığında bile maya ve küf büyümesini baskılayabildiği ve bu sayede gıda güvenliğini artırabileceği düşünülmektedir.

Sokmen vd. (2004) yapılan bir çalışmada, kekik yağının 15 maya ve küf türü üzerindeki inhibisyon etkisini göstermiş ve bu türlerin 9’unun baskılandığını belirtmişlerdir. Bu sonuçlar, (Burt 2004; Holley ve Patel 2005; Lambert vd. 2001) tarafından gösterilen sonuçlarla örtüşmektedir. Bu yazarlara göre, kekik yağı kombinasyonu, kekik yağının antimikrobiyal özellikleri sayesinde ürünün raf ömrünü 9 gün artırmıştır. Benzer şekilde, (Singh vd. 2003), kekik esansiyel yağının %0.5 ve %1 seviyelerinde, ancak %0.1 seviyesinde değil, domuz soslerinde *L. monocytogenes*’e karşı antimikrobiyal bir etki gösterdiğini belirtmişlerdir. Timol, mayaların metabolik ve yapısal enzimlerine zarar vererek ve mayalarda ısı hasarının onarım mekanizmalarını inhibe ederek maya büyümesini azaltmıştır (Conner ve Beuchat 1984b).

Kekik yağının antifungal aktivitesi birçok çalışma tarafından rapor edilmiştir (Karaman vd. 2001; Montes-Belmont ve Carvajal 1998; Rasooli ve Mirmostafa 2003; Rota vd. 2004). Özellikle, kekik esansiyel yağı ile yapılan çalışmalar, mükemmel bir fungal gelişim inhibitörü olduğunu göstermiştir (Kumar vd. 2008; Montes-Belmont ve Carvajal 1998), ve *Shigella*’ya karşı antimikrobiyal etkisi (Bagamboula vd. (2004)) tarafından ayrıntılı bir şekilde gösterilmiştir.

4.6.5. Et numunesine ilave edilen bitkisel özütün etin duyuşal özelliklerine etkileri

Duyuşal analizler sırasında mikroorganizma inoküle edilmemiş et numuneleri kullanılarak ilave edilen bitkisel özütün ürünün duyuşal niteliklerine etkisi incelenmiş olup, özüt içeren ve içermeyen et ürünün duyuşal niteliklerinin tespitinde ürün profili analizi kullanılmıştır. Yapılan bu çalışmada numuneler, renk, tat ve aroma, doku, yumuşaklık ve sulu ana başlıkları altında incelenmiş ve bunlar panelistler tarafından 1-5 aralığında puanlanmıştır (Çizelge 4. 40).

Çizelge 4.40. Farklı konsantrasyonlarda kekik özütü eklenmiş tavuk kıyması duyusal analizleri

Uygulamalar	Renk	Tat ve aroma	Yumuşaklık	Sulu	Genel Kabul
A	2.62 ±0.46 ^a	3.37 ±0.38 ^{ab}	3.12 ±0.42 ^a	2.62 ±0.44 ^a	2.50 ±0.31 ^b
B	3.25 ±0.53 ^a	3.62 ±0.46 ^a	3.62 ±0.38 ^a	3.12 ±0.42 ^a	3.75 ±0.37 ^a
C	3.37 ±0.26 ^a	2.50 ±0.42 ^{ab}	3.50 ±0.35 ^a	2.87 ±0.35 ^a	2.75 ±0.38 ^{ab}
D	3.75 ±0.41 ^a	2.12 ±0.52 ^b	3.62 ±0.42 ^a	2.75 ±0.37 ^a	1.87 ±0.35 ^b

A: (Kontrol), B: (Kontrol + 0.10%), C: (Kontrol + 0.25%), D: (Kontrol + 0.50%). Tablodaki sayılar ortalamayı ve standart hatayı temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$).

Farklı konsantrasyonlarda kekik özütünün et rengi, tat ve aroma, yumuşaklık, sululuk ve genel kabul üzerindeki etkilerini incelediğimiz sonuçlar, belirgin değişimler göstermektedir. Renk açısından, kekik özütü konsantrasyonunun artmasıyla (0'dan 0.5'e kadar) et renginin genellikle arttığı gözlenmiştir, en yüksek değer 3.75 ile 0.5 konsantrasyonunda elde edilmiştir. Tat ve aroma açısından en yüksek kabul, 3.62 ile 0.1 konsantrasyonunda gözlemlenirken, en düşük değer 2.12 ile 0.5 konsantrasyonunda görülmüştür. Et yumuşaklığı üzerinde kekik özütü konsantrasyonlarının anlamlı bir etkisi görülmemiş, tüm gruplar benzer yumuşaklık değerleri (3.12 ile 3.62 arasında) sergilemiştir. Sululuk açısından da benzer şekilde tüm konsantrasyonlar arasında anlamlı bir fark bulunmamış, değerler 2.62 ile 3.12 arasında değişmiştir. Genel kabul düzeyi ise en yüksek 3.75 ile 0.1 konsantrasyonunda olurken, en düşük 1.87 ile 0.5 konsantrasyonunda gözlenmiştir. Bu sonuçlar, kekik özütünün düşük konsantrasyonlarda (0.1) etin genel kabulünü artırabileceğini, ancak yüksek konsantrasyonlarda (0.5) tat ve aroma üzerinde olumsuz etkiler yaratabileceğini göstermektedir.

5. SONUÇLAR

Çeşitli bitkilerden aktif bileşiklerin elde edilebilmesi için SKA-CO₂ ekstraksiyon tekniğinin kullanıldığı bu çalışmada, ilgili aktif bileşiklerin maksimum verimlilikte ekstraksiyonu için gerekli olan optimal koşullar hakkında önemli bilgilere ulaşılmıştır. Sonuçlar, kimyon, kırmızı biber, karabiber ve kekikten sırasıyla kuminaldehit, kapsaisin, piperin ve karvakrol gibi belirli aktif bileşiklerin verimli bir şekilde ekstraksiyonu için farklı sıcaklık ve basınç koşullarının önemli olduğunu göstermektedir.

Kimyon örneklerinde en yüksek kuminaldehit veriminin yanıt yüzeyi metodolojisi (RSM) kullanılarak optimal koşullarının 52°C ve 234 bar olduğunu göstermiştir. Elde edilen sonuçlar, kuminaldehit ekstraksiyonunun sıcaklığa oldukça duyarlı olduğunu ve belirli koşullar altında maksimum verimliliğe ulaşacak şekilde optimize edilebileceğini önermektedir.

Kırmızı biber örneklerinde en yüksek kapsaisin verimi ise aynı yöntemle göre 52°C ve 172 bar olarak belirlenirken, karabiberde, piperin ekstraksiyonu için en yüksek verim elde edilebilmesi amacıyla en uygun koşulların 30°C ve 172 bar olduğu sonucuna varılmıştır. Bulgular, bileşiğe ve bitki matrisine bağlı olarak daha düşük sıcaklıkların bazen daha etkili olabileceğini vurgulamaktadır.

Elde edilen bulgular kekik örneklerinde karvakrol ekstraksiyonu için ise optimal koşulların 30°C ve 172 bar olduğuna işaret etmektedir.. Tespit edilen bulgular karvakrol verimini optimize etmek için hem sıcaklık hem de basıncın kritik faktörler olduğunu göstermektedir.

Genel olarak, bulgular, SKA-CO₂ ekstraksiyon koşullarının belirli bitki materyali ve hedef bileşiğe dikkatlice uyarlanması gerektiğini açıkça göstermektedir. Sıcaklık ve basıncın ekstraksiyon verimliliği ve verimi üzerindeki önemli etkisi, incelenen tüm örneklerde belirgindir. Bitkilerden aktif bileşiklerin maksimum verimi için optimize edilmiş, SKA-CO₂ ekstraksiyonunun çeşitli botanik ekstraksiyonlarda gelecekteki uygulamaları için kapsamlı bir rehber sunmaktadır.

Çalışmanın devamında, farklı bitki özütlerinin (kekik, kimyon, karabiber ve kırmızı biber) çeşitli patojenik bakteri türlerine (*E. faecalis*, *E. coli*, *K. pneumoniae*, *P. aeruginosa*, ve *S. aureus*) karşı antibakteriyel aktiviteleri farklı dekarboksilaz besiyerlerinde (Tirozin Dekarboksilaz Sıvısı - TDB, Histidin Dekarboksilaz Sıvısı - HDB, Ornitin Dekarboksilaz Sıvısı - ODB ve Lisin Dekarboksilaz Sıvısı - LDB) değerlendirilmiştir. Sonuçlar, bu özütlerin bakteri büyümesini engellemedeki etkinlikleri hakkında önemli bilgiler sunmaktadır.

Tirozin Dekarboksilaz Sıvısı (TDB): Kekik ve kimyon özütleri, özellikle %0.50 konsantrasyonda, test edilen tüm bakteri türlerinin büyümesini tamamen inhibe etmiştir (0.00 log kob/ml). Kekik ve kimyon özütlerinin daha düşük konsantrasyonları (%0.10), *E. faecalis* ve *E. coli*'nin log kob/ml sayımlarını önemli ölçüde azaltarak dikkate değer antibakteriyel aktivite göstermiştir. Kekik ve kimyon, *K. pneumoniae*'ye karşı geniş spektrumlu aktivite sergilemiştir. Bununla birlikte, *K. pneumoniae* ve *P. aeruginosa* bir miktar direnç göstermiş, ancak daha düşük konsantrasyonlar bile log kob sayımlarını

azaltmaya yardımcı olmuştur. *S. aureus* büyümesi, artan özüt konsantrasyonları ile tutarlı bir şekilde azalmıştır.

Histidin Dekarboksilaz Sıvısı (HDB): Kekik ve kimyon özütleri %0.50 konsantrasyonda bakteriyel büyümeyi tamamen inhibe etmiştir (0.00 log kob/ml). %0.10 konsantrasyonda kekik, *E. faecalis*'i etkili bir şekilde inhibe ederek log CFU/mL değerlerini 3.93'e düşürmüştür. Kimyon, %0.10 konsantrasyonda *E. faecalis*'e karşı umut verici antibakteriyel aktivite göstermiş, log kob/ml değerlerini 3.89'a indirmiştir. Karabiber ve kırmızı biber, *E. faecalis*'e karşı benzer inhibisyon etkileri göstermiş ve %0.10 konsantrasyonda *E. coli*'ye karşı güçlü inhibisyon sağlamıştır. *K. pneumoniae*, %0.10 konsantrasyonda tüm özütler için yüksek duyarlılık göstermiş, *P. aeruginosa* ise daha yüksek konsantrasyonlarda önemli log kob azalması sergilemiştir.

Ornitin Dekarboksilaz Besiyeri (ODB): Kekik ve kimyon özütleri %0.50 konsantrasyonda tüm bakteri türlerinin büyümesini tamamen inhibe etmiştir (0.00 log kob/ml). %0.10 konsantrasyonda kekik ve kimyon, *E. faecalis* ve *E. coli*'nin log CFU/mL sayımlarını önemli ölçüde azaltmış, *E. faecalis* için değerler 2.28 ve 3.76, *E. coli* için ise 2.87 ve 4.32 log kob/ml olmuştur. Kekik ve kimyon, *K. pneumoniae*'ye karşı geniş bir etkililik sergilemiştir. *K. pneumoniae* ve *P. aeruginosa* bir miktar direnç göstermiş, ancak daha düşük konsantrasyonlar bile log kob sayımlarını azaltmaya yardımcı olmuştur. *S. aureus* büyümesi, artan özüt konsantrasyonları ile tutarlı bir şekilde azalmıştır.

Lisin Dekarboksilaz Sıvısı (LDB): Kekik ve kimyon özütleri %0.50 konsantrasyonda tüm bakteri türlerinin büyümesini tamamen inhibe etmiştir (0.00 log kob/ml). %0.10 konsantrasyonda kekik ve kimyon, *E. faecalis* ve *E. coli*'nin log kob/ml sayımlarını önemli ölçüde azaltmış, *E. faecalis* için değerler 2.15 ve 3.70, *E. coli* için ise 2.65 ve 4.96 log kob/ml olmuştur. Kekik ve kimyon, *K. pneumoniae*'ye karşı geniş bir etkililik sergilemiştir. *K. pneumoniae* ve *P. aeruginosa* bir miktar direnç göstermiş, ancak daha düşük konsantrasyonlar bile log kob sayımlarını azaltmaya yardımcı olmuştur. *S. aureus* büyümesi, artan özüt konsantrasyonları ile tutarlı bir şekilde azalmıştır.

Genel olarak, kekik ve kimyon özütleri, tüm dekarboksilaz besiyerlerinde en güçlü antibakteriyel etkileri göstermiş, özellikle daha yüksek konsantrasyonlarda kekik, kimyona kıyasla biraz daha üstün bir etki sergilemiştir. Karabiber ve kırmızı biber özütleri ise kıyasla daha az etkili olmuş, ancak yine de bir miktar inhibisyon sağlamıştır. Bu bulgular, kekik ve kimyonun güçlü antibakteriyel ajanlar olarak potansiyelini vurgulamakta ve maksimum antibakteriyel etkinlik için özüt konsantrasyonlarının optimize edilmesinin önemini göstermektedir. Çalışma ayrıca bitki özütlerinin antibakteriyel aktivitesini belirlemede ekstraksiyon teknikleri ve çözücülerin önemli rolünü vurgulamaktadır. Farklı dekarboksilaz besiyerlerinde çeşitli bakteri türleri tarafından üretilen BA'lerin ayrıntılı analizine dayanarak, birkaç önemli sonuç çıkarılabilir:

E. faecalis, özellikle tirosinde dekarboksilaz besiyerinde (TDB) birçok BA üreticisi olarak öne çıkmaktadır. Yüksek seviyelerde dopamin (794.90 mg/l), TYR (273.21 mg/l) ve toplam BA'ler (1153.88 mg/l) üretmektedir.

K. pneumoniae, geniş bir BA üretim yelpazesi göstermekte olup, TDS'nda önemli miktarlarda dopamin (470.84 mg/l) ve toplam BA'ler (677.78 mg/l) üretmektedir. 4.79

sahip olması, önemli bir BA üretim potansiyeline işaret ederken, düşük TYR üretimi (28.46 mg/l) göstermektedir.

E. coli, çeşitli besiyerlerinde dengeli bir BA üretimi göstermektedir. Özellikle TDS'nda önemli miktarlarda TYR (117.22 mg/l) ve CAD (63.83 mg/l) üretmekte olup, 2.59 BAI değerine sahiptir. Bu türün, ODS'nda yüksek seviyelerde PUT (781.17 mg/l) dahil olmak üzere birçok amin üretme kapasitesi, onu potansiyel olarak yüksek toksik olarak işaretlemektedir.

P. aeruginosa genellikle diğer türlere kıyasla daha düşük seviyelerde BA üretmekte, ancak TDS'nda HIS (16.55 mg/l) ve SPD (18.46 mg/l) üretimine önemli katkılar sağlamaktadır. HDS ise önemli miktarda HIS (26.37 mg/l) üretmektedir. *S. aureus*, tüm besiyerlerinde en düşük BA üretimini sürekli olarak göstermekte olup, genel etkisi minimaldir.

HDS'nda, *E. coli* ve *K. pneumoniae* dikkate değer HIS üretimi gösterirken, *E. faecalis*, *P. aeruginosa* ve *S. aureus* önemli ölçüde daha düşük seviyelerde üretim yapmaktadır. Bu varyasyon, bu türlerin farklı substratlara metabolik çeşitlilik ve adaptasyon yeteneklerini ortaya koymaktadır.

E. faecalis, *E. coli* ve *K. pneumoniae* tarafından üretilen önemli miktarda BA, özellikle bu bakterilerin gelişebileceği fermente ve depolanmış gıdalarda önemli gıda güvenliği riskleri oluşturmaktadır. TYR, HIS ve putresin gibi yüksek seviyelerde BA'ler gıda bozulmasına ve sağlık üzerinde olumsuz etkilere yol açabilir.

Bu kapsamlı çalışma, dört farklı bitki özütünün (kekik, karabiber, kırmızı biber ve kimyon) beş bakteri türü (*E. coli*, *S. aureus*, *E. faecalis*, *P. aeruginosa* ve *K. pneumoniae*) tarafından üretilen BA üretimi üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Çalışma, bitki özütlerinin etkilerini değerlendirmek için çeşitli dekarboksilasyon sıvılarında (tirosin, histidin, ornitin ve lisin) ve 0.02%, 0.1% ve 0.5% konsantrasyonlarını kullanmıştır. Bulgulara dayanarak şu sonuçlar çıkarılabilir:

1. Kekik özütü farklı bakteri ve besiyerlerinde, özellikle yüksek konsantrasyonlarda, BA üretimi üzerinde güçlü inhibitör etki göstermiştir. *E. coli* için, kekik %0.5 konsantrasyonda DOP, CAD ve toplam BA'ler önemli ölçüde azaltmıştır. *S. aureus* ve *P. aeruginosa*'da BA oluşumunu inhibe etmiş, özellikle DOP ve SPR seviyelerinde belirgin azalmalar sağlamıştır. *E. faecalis* ve *K. pneumoniae*'de karışık etkiler göstermiş, bazı BA'leri inhibe ederken bazılarını farklı konsantrasyonlarda teşvik etmiştir.

2. Karabiber özütü konsantrasyona bağlı bir etki göstermiş, genellikle yüksek konsantrasyonlarda BA üretimini yuarmıştır. %0.5 konsantrasyonda *E. coli* ve *P. aeruginosa*'da HIS ve toplam BA seviyelerini artırmıştır. *S. aureus*'ta düşük konsantrasyonlarda önemli inhibisyon, yüksek konsantrasyonlarda ise stimülasyon gösteren karışık bir inhibitör ve uyarıcı model sergilemiştir. *E. faecalis* ve *K. pneumoniae*'de genel olarak BA üretimini, özellikle yüksek konsantrasyonlarda teşvik etmiştir.

3. Kırmızı Biber özütü çeşitli bakteri türlerinde BA üretimi üzerinde ağırlıklı olarak uyarıcı etkiler göstermiştir. *E. coli*'de özellikle yüksek konsantrasyonlarda HIS ve diğer BA'leri artırmıştır. *S. aureus* ve *P. aeruginosa*'da CAD ve PUT üretimini önemli ölçüde teşvik etmiştir. *E. faecalis* ve *K. pneumoniae*'de özellikle %0.5 konsantrasyonda BA seviyelerinde belirgin bir artışa neden olmuştur.

4. Kimyon özütü çoğu bakteri türünde genel olarak BA üretimi üzerinde inhibitör etkiler göstermiştir. *E. coli* için, kimyon %0.5 konsantrasyonda DOP ve HIS seviyelerini önemli ölçüde azaltmıştır. *S. aureus* ve *P. aeruginosa*'da HIS TYR üretimini inhibe etmiştir. *E. faecalis* ve *K. pneumoniae*'de DOP ve HIS üzerinde güçlü inhibitör etkiler göstermiştir.

Bitki özütlerinin BA üretimi üzerindeki etkisi, kullanılan özüt türü ve konsantrasyona bağlı olarak büyük ölçüde değişiklik göstermiştir. Kekik ve kimyon özütleri genellikle BA üretimi üzerinde daha tutarlı inhibitör etkiler göstermiş olup, bu bitkiler gıda ürünlerinde BA seviyelerini kontrol etmek için potansiyel adaylar olarak değerlendirilebilir. Karabiber ve kırmızı biber özütleri ise sıklıkla BA üretimini teşvik etmiş, bu durum bu özütlerin gıdalarda BA yönetiminde kullanımı açısından endişe yaratabilir. Aynı özüt ve konsantrasyona farklı bakteri türlerinin tepkileri değişiklik göstermiş, bu da mikrobiyal bağlamın bu bitki özütlerinin etkinliğinde önemli bir rol oynadığını göstermektedir.

Çalışma, gıda ürünlerinde BA üretimini modüle etmek için belirli bitki özütlerinin kullanım potansiyelini vurgulamakta olup, bu durum gıda güvenliği ve kalitesinin artırılması için önemlidir. Kekik ve kimyon, inhibitör etkileri nedeniyle, çeşitli gıdalarda BA seviyelerini azaltma stratejilerinin geliştirilmesinde değerli olabilir. Bakterilerin bu özütlere verdikleri değişen tepkilerin arkasındaki mekanizmaların anlaşılması ve gıda muhafazası ve güvenliği uygulamalarında bu özütlerin kullanımının optimize edilmesi için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

Test edilen iki özüt arasında, kekik BA oluşumu üzerinde kimyondan biraz daha fazla etkiye sahip bulunmuştur. Bu durum, detaylı istatistiksel analizler sonucunda belirlenmiş olup, kekik özütünün dekarboksilaz besiyerinde BA üretimini engellemede daha etkili olduğunu göstermiştir. Bu küçük fark, çalışmanın hedefleri açısından önemli kabul edilmiştir.

Çalışmada ayrıca, özellikle *E. coli* gibi bazı bakterilerin, bu özütlere maruz kaldığında yüksek miktarda BA ürettiğini gözlemlenmiştir. Ancak, *E. coli*'ye odaklanılmıştır çünkü *E. coli*, kümes hayvanları etinde en yaygın bulunan bakterilerden biridir ve bu bağlamda gıda güvenliği açısından önemli bir endişe kaynağıdır. Kümes hayvanlarında *E. coli* varlığı, gıda kaynaklı hastalıklara ve bozulmaya yol açabilir, bu da etkili kontrol önlemlerine olan ihtiyacı vurgular.

Tavuk etinde *E. coli*'ye odaklanarak, kekik özütünün BA üretimi, bakteriyel aktivite ve et kalitesi üzerindeki etkilerini soğuk depolama koşullarında nasıl etkileyebileceğinin araştırılmasının hedeflendiği bu çalışmada, özellikle tavuk etinin depolama sırasında kalitesini ve güvenliğini korumanın kritik bir risk olduğu gıda endüstrisi için önemli olduğu sonucuna varılmıştır. Bu tür çalışmaların sonuçları, doğal özütler gibi kekik kullanarak gıda güvenliğini artırmak için daha iyi muhafaza

stratejilerini önerebilmektedir.

Deneyler ve analizlerin, özellikle *E. coli* kontaminasyonunun varlığında tavuk etinin çeşitli kalite göstergeleri üzerinde kekik özütünün etkilerini ortaya koyduğu bulgular, birkaç önemli bilgi sunmaktadır.

1. BA Oluşum Üzerindeki Etki: Kekik özütünün (0.1%, 0.25%, 0.5%) 4°C'de 8 gün ve 15°C'de 4 gün saklanan tavuk etinde BA (PUT, CAD, TRP, PHA, SPD, SPR, HIS, TYR, TOT BA, BAI) oluşumunu ve kalite indeksini *E. coli* varlığında ve yokluğunda nasıl etkilediğini araştırılmıştır. Sonuçlar, kekik özütünün BA oluşumunu, özellikle %0.5 konsantrasyonunda önemli ölçüde inhibe ettiğini göstermektedir. Örneğin, 4. gün kontrol grubundaki PUT seviyeleri 13.00 mg/kg iken, %0.5 kekik özütü içeren örneklerde 3.83 mg/kg'a düşmüştür. TOT BA ve BAI değerleri de yüksek kekik özütü konsantrasyonlarında daha düşük bulunmuştur. *E. coli* varlığında bile, kekik özütü BA oluşumunu azaltmış ve et kalitesini iyileştirmiştir. Genel olarak, kekik özütünün BA'lerin oluşumunu azaltma ve et kalitesini koruma konusundaki antimikrobiyal ve koruyucu etkileri belirgin olmuştur.

2. Serbest Yağ Asitliği (SYA) Üzerindeki Etki: Özellikle %0.5 konsantrasyonda kekik özütünün, tavuk göğüs etinin soğuk depolanması sırasında serbest yağ asitlerinin oluşumunu önemli ölçüde inhibe etme yeteneği gösterilmiştir, özellikle *E. coli*'nin yokluğunda. Bu, kekik özütünün lipid oksidasyonunu azaltmada etkili olabileceğini ve etin bozulmasında kritik bir faktör olan bu süreci hafifletebileceğini düşündürmektedir.

3. Toplam Uçucu Temel Azot (TVB-N) Üzerindeki Etki: Sonuçlar, kekik özütünün farklı konsantrasyonlarda, tavuk etinin buzdolabında depolanması sırasında TVB-N oluşumunu azalttığını göstermektedir. Dahası, özellikle *E. coli*'nin varlığında daha yüksek konsantrasyonlarda kekik özütünün, bozulmanın geciktirilmesinde daha büyük etkinlik gösterdiği görülmüştür. Bu, kekik özütünün, bozulmayla ilişkilendirilen uçucu azot bileşiklerinin oluşumunu azaltarak tavuk etinin raf ömrünü uzatma potansiyelini vurgulamaktadır.

4. Tiyobarbiturik Asit (TBARS) Değeri Üzerindeki Etki: Kekik özütü, özellikle daha yüksek konsantrasyonlarda ve *E. coli*'nin yokluğunda daha düşük TBARS değerleri ile lipid oksidasyonunu inhibe edici bir etki sergilemiştir. Ancak, *E. coli*'nin varlığı genellikle daha yüksek TBARS seviyelerine yol açmış, bakteriyel kontaminasyon nedeniyle lipid oksidasyonunun arttığını göstermiştir. Bu bulgular, kekik özütünün antioksidan özelliklerini vurgulamakta ve lipid oksidasyonunu hafifletme yeteneği ile et kalitesini koruma potansiyelini ortaya koymakta, daha yüksek konsantrasyonların daha büyük etkililik gösterdiğini göstermektedir.

5. Peroksid Değeri Üzerindeki Etki: Kekik özütü, özellikle daha yüksek konsantrasyonlarda, peroksit değerlerinde azalmaya neden olmuş, depolama sırasında lipid oksidasyonunu hafifletme ve et kalitesini koruma yeteneğini göstermiştir. Ancak, *E. coli*'nin varlığı genellikle daha yüksek peroksit değerlerine yol açmış, bakteriyel kontaminasyonun lipid oksidasyonunu hızlandırmada rolünü vurgulamıştır. Genel olarak, sonuçlar kekik özütünün lipid oksidasyonunu hafifletme ve tavuk etinin kalitesini depolama sırasında koruma potansiyelini vurgulamakta ve daha yüksek konsantrasyonların daha büyük etkililik gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, kekik özütü, özellikle lipid oksidasyonunu inhibe etme ve bozulmayı geciktirme konusunda tavuk eti için doğal bir koruyucu olarak umut vaat etmektedir, daha yüksek konsantrasyonların genellikle daha büyük etkililik gösterdiği. Ancak, *E. coli*'nin varlığı kekik özütünün etkinliğini etkileyebilir, bu da mikrobiyal kontaminasyonun gıda koruma stratejilerinde dikkate alınmasının önemini vurgular. Daha fazla araştırma, kekik özütünün diğer doğal koruyucular ve antimikrobiyal ajanlarla olan potansiyel sinerjik etkilerini keşfedebilir ve tavuk etinin raf ömrünü uzatmada etkinliğini artırabilir.

Kekik özütünün tavuk kıyması üzerindeki etkilerini değerlendiren araştırma bulguları doğrultusunda çeşitli sonuçlar çıkarılabilir:

1. pH Değeri: Kekik ekstresi uygulaması, özellikle yalnızca uygulandığında, tedavi edilmemiş örnekler ve hem kekik ekstresi hem de *E. coli* ile tedavi edilen örneklerle karşılaştırıldığında daha yüksek pH seviyelerine yol açma eğilimindedir. Depolama süresi boyunca pH seviyelerinde belirgin bir dalgalanma gözlenir, bu da depolama sırasında dinamik bir mikrobiyal aktiviteyi işaret eder. Kekik ekstresi mikrobiyal kaynaklı asitlenmeye karşı potansiyel koruyucu etkiler göstermektedir, özellikle *E. coli* kontaminasyonu olan örneklerde belirgin bir şekilde görülmektedir. Yüksek konsantrasyonlardaki kekik ekstresi, depolama sırasında pH seviyelerini stabilize etme üzerinde daha belirgin bir etki göstermektedir.

2. STK: Kekik ekstresi uygulaması genellikle depolama süresi boyunca STK'nın stabilizasyonuna veya hafif bir iyileşmeye yol açar, özellikle *E. coli* kontaminasyonu olan örneklerde belirgin bir şekilde görülür. Yüksek konsantrasyonlardaki Kekik ekstresi STK'nın korunması veya artırılması üzerinde daha belirgin bir etki gösterir, özellikle mikrobiyal kontaminasyonu olan örneklerde daha belirgin bir şekilde görülür.

3. Pişirme Kaybı: Kekik ekstresi uygulaması, özellikle yalnızca uygulandığında, pişirme kaybını azaltma eğilimindedir, bu da pişirme sırasında nem kaybına karşı potansiyel bir koruyucu etki olduğunu gösterir. Depolama süresi boyunca pişirme kaybında gözlenen artış çoğu özüt konsantrasyonunda tutarlıdır, ancak yalnızca kekik ekstresi ile muamele edilen örneklerde daha belirgin bir şekilde görülür. Yüksek konsantrasyonlardaki Kekik ekstresi, pişirme kaybını azaltma üzerinde hafif bir şekilde daha belirgin bir etki gösterir, özellikle depolama sırasında nem kaybına karşı potansiyel bir koruyucu rol oynar.

Özetle, araştırma, Kekik ekstresinin, değişen depolama koşulları ve mikrobiyal kontaminasyon altında dahi tavuk kıymasının kalitesini koruma potansiyelini vurgulamaktadır, özellikle pH stabilitesi, STK ve pişirme kaybı açısından. Daha ileri çalışmalar, gözlemlenen bu etkilerin altında yatan mekanizmaları araştırabilir ve kekik ekstresi ile tedavi edilen tavuk kıyması ürünlerinin duyu özelliklerini ve raf ömrü uzatma potansiyelini değerlendirebilir.

Tavuk kıymasına çeşitli konsantrasyonlarda uygulanan kekik özütünün ve *E. coli* kontaminasyonunun varlığında 8 gün boyunca 4°C'de depolanan kıymada sızıntı kaybı yüzdesi üzerine yapılan araştırma bulgularına dayanarak aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir:

Özellikle %0.5 gibi daha yüksek konsantrasyonlardaki kekik özütü, depolama süresi boyunca daha düşük sızıntı kaybı yüzdesi ile ilişkilidir. Bu, daha yüksek konsantrasyonlardaki kekik özütünün daha iyi nem tutma ve genel et kalitesine katkıda bulunduğunu düşündürmektedir. *E. coli* varlığında kekik özütü ile işlenen örnekler, genellikle *E. coli* kontaminasyonu olmayanlara göre daha yüksek sızıntı kaybı yüzdesi sergiler. Bu, bakteriyel kontaminasyonun artmış et bozulması ve daha yüksek sızıntı kaybına neden olduğunu göstermektedir. Depolama süresi arttıkça sızıntı kaybı, tüm özüt konsantrasyonları için artar, bu da etten ilerleyen nem kaybını gösterir. Ayrıca, özütler arasındaki sızıntı kaybı farkları, depolama süreleri uzadıkça daha belirgin hale gelir, bu da zamanla et kalitesini koruma konusunda kekik özütü konsantrasyonlarının değişen etkinliğini gösterir.

Kekik özütünün farklı konsantrasyonları, kıyma tavuk etinde depolama sırasında mikroorganizma büyümesini etkileyen önemli bir faktör olarak ortaya çıkmıştır. 4°C'de 8 gün boyunca ve 15°C'de 4 gün boyunca saklanan örneklerde, kekik özütünün konsantrasyonu ve *E. coli* kontaminasyonu ile yapılan muamelelerin toplam bakteri kolonisi (TAB), *Staphylococcus*, koliform bakteriler ve maya-küf büyümesi üzerindeki etkileri incelenmiştir.

4°C'de depolama süresince, tüm gruplarda bakteri sayıları zamanla artmıştır. Kekik özütünün yüksek konsantrasyonları genellikle daha düşük bakteri sayıları ile ilişkilidir. Özellikle, 8. gün sonunda, yüksek konsantrasyonlu kekik özütü (0.5%) ile muamele edilen örneklerde bakteri büyümesi kontrol gruplarına göre belirgin şekilde daha düşük bulunmuştur. *E. coli*'nin varlığı, özellikle 6. ve 8. günlerde, toplam bakteri sayısını artırmış, kekik özütü ise bu artışı kısmen engellemiştir.

15°C'de depolama süresince de benzer bir eğilim gözlemlenmiştir. Kekik özütü, özellikle yüksek konsantrasyonlarda, mikroorganizma büyümesini azaltmada etkili olmuştur. *E. coli* kontaminasyonu, bakteri sayısını önemli ölçüde artırmış, fakat kekik özütünün yüksek konsantrasyonları, bakteriyel büyümeyi daha iyi kontrol etmiştir.

Genel olarak, kekik özütünün tüm mikroorganizma türleri üzerindeki etkisi, özütün konsantrasyonuna bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Daha yüksek konsantrasyonlar genellikle daha düşük bakteri ve maya-küf sayıları ile ilişkilendirilmiş, bu da kekik özütünün mikroorganizma büyümesini inhibe edici potansiyelini göstermektedir. Ancak, bu etkiler *E. coli* kontaminasyonu varlığında daha belirgin hale gelmiştir ve etkili bir koruma sağlamak için yüksek konsantrasyonların kullanılması önerilmektedir.

Araştırma, özellikle kıyma tavuk etindeki mikrobiyal büyümenin depolama sıcaklığı, kekik özütü konsantrasyonu ve *E. coli* kontaminasyonu gibi faktörlere bağlı olduğunu göstermektedir. Örneğin, kekik özütünün daha yüksek konsantrasyonlarının mikrobiyal büyümeyi azaltma eğiliminde olduğu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, *E. coli* kontaminasyonunun mikrobiyal büyümeyi artırdığı ve bu etkinin kekik özütü konsantrasyonuna bağlı olarak değiştiği belirtilmiştir.

Ürün kalite özelliklerinden olan duyuşal testlerde, ilave edilen tüm konsantrasyon değerlerinde renk, yumuşaklık ve sululuk parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmamıştır. Ancak, %0.25 kekik özütünün farklı depolama sürelerinde kalite parametrelerini iyileştirerek tat ve aroma ve genel kabul açısından duyuşal kabul için en uygun değer olduğu sonucuna varılmıştır. Bu, kekik özütünün özellikle tat ve aromayı olumlu yönde etkileyerek tüketici kabulünü artırabileceğini göstermektedir. Çalışmanın bulguları, kekik özütünün et ürünlerinde kullanılmasının duyuşal kaliteyi iyileştirebileceğini ve bu özütün optimal konsantrasyonunun %0.25 olduğunu ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar, et ürünlerinin depolama süresi boyunca kalitesini koruması ve tüketici memnuniyetini artırması açısından önemlidir.

Sonuçlar, kıyma tavuk etindeki mikrobiyal büyümenin kontrol altına alınması için kekik özütünün potansiyelini vurgulamaktadır. Ancak, bu kontrolün *E. coli* gibi patojen mikroorganizmaların varlığına bağlı olarak değişebileceği ve özütün konsantrasyonunun etkinliği üzerinde etkili olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle, daha fazla araştırmanın ve belirli koşullar altında optimal kekik özütü konsantrasyonlarının belirlenmesinin gerekliliği vurgulanmıştır.

6. KAYNAKLAR

- Abdel-Salam, A., H. El Ghandour ve E. A. Hassan, 2014. Antioxidant activity of thyme and sage and their antimicrobial impact against *listeria monocytogenes* and *pseudomonas putida* in beef burger. *Journal of Food and Dairy Sciences* 5(1):15-31.
- Abu-Salem, F. M., E. A. Abou-Arab, H. M. Ibrahim ve A. A. Abou-Arab, 2011. Effect of adding green tea extract, thyme oil and/or their combination to luncheon roll meat during refrigerate storage. *J Am Sci* 7(7):538-548.
- Addis, M., 2015. Major causes of meat spoilage and preservation techniques: a. *changes* 41:101-114.
- Agarwal, U., D. P. Pathak, G. Kapoor, R. Bhutani, R. Roper, V. Gupta ve R. Kant, 2017. Review on *Cuminum Cyminum*—nature's magical seeds. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research* 9(9):180-187.
- Ahmad, N., H. Fazal, B. H. Abbasi, S. Farooq, M. Ali ve M. A. Khan, 2012. Biological role of *Piper nigrum* L.(Black pepper): A review. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* 2(3):S1945-S1953.
- Ahn, H.-J., C. Jo, J.-H. Kim, Y.-J. Chung, C.-H. Lee ve M.-W. Byun, 2002a. Monitoring of nitrite and N-nitrosamine levels in irradiated pork sausage. *Journal of food protection* 65(9):1493-1497.
- Ahn, H., J. Kim, C. Jo, C. Lee ve M. Byun, 2002b. Reduction of carcinogenic N-nitrosamines and residual nitrite in model system sausage by irradiation. *Journal of Food Science* 67(4):1370-1373.
- Ahn, J.-H., Y.-P. Kim ve H.-S. Kim, 2012. Effect of natural antioxidants on the lipid oxidation of microencapsulated seed oil. *Food Control* 23(2):528-534.
- Ajuyah, A., D. Ahn, R. Hardin ve J. Sim, 1993. Dietary antioxidants and storage affect chemical characteristics of ω -3 fatty acid enriched broiler chicken meats. *Journal of Food Science* 58(1):43-46.
- Aksu, M. I., 2007. The effect of α -tocopherol, storage time and storage temperature on peroxide value, free fatty acids and pH of Kavurma, a cooked meat product. *Journal of muscle foods* 18(4):370-379.
- Akyol, V., A. Kundakçı ve B. Ergönül, 2015. Gıdalarda Biyojen Aminler - Biogenic Amines in Foods. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* 11 doi:10.18466/cbujos.89924.
- Al-Hijazeen, M., 2019. Effect of *Origanum syriacum* L. essential oil on the storage stability of cooked chicken meat. *Brazilian Journal of Poultry Science* 21:eRBCA-2019-0719.
- Al-Hijazeen, M., E. J. Lee, A. Mendonca ve D. U. Ahn, 2016a. Effect of oregano essential oil (*Origanum vulgare* subsp. *hirtum*) on the storage stability and quality parameters of ground chicken breast meat. *Antioxidants* 5(2):18.
- Al-Hijazeen, M., E. J. Lee, A. Mendonca ve D. U. Ahn, 2016b. Effects of tannic acid on lipid and protein oxidation, color, and volatiles of raw and cooked chicken breast meat during storage. *Antioxidants* 5(2):19.

- Al-Snafi, A. E., 2016. The pharmacological activities of Cuminum cyminum-A review. *IOSR Journal of pharmacy* 6(6):46-65.
- Al Bayati, M. H. M. ve M. F. Cengiz, 2024. Influence of plants and spices on the formation of biogenic amines in meat. *Mediterranean Agricultural Sciences* 37(1):27-31.
- Algahtani, F. D., A. E. Morshdy, M. A. Hussein, E. S. Abouelkheir, A. Adeboye, A. Valentine ve M. T. Elabbasy, 2020. Biogenic amines and aflatoxins in some imported meat products: Incidence, occurrence, and public health impacts. *Journal of Food Quality* 2020.
- Alhijazeen, M., 2014. Effect of oregano essential oil and tannic acid on storage stability and quality of ground chicken meat.
- Alina, H. ve T. Ovidiu, 2007. Determination of total protein in some meat products. *Analele Stiintifice ale Universitatii, Alexandru Ioan Cuza, Sectiunea Genetica si Biologie Moleculara* 8:71-74.
- Allen, C., D. Fletcher, J. Northcutt ve S. Russell, 1998. The relationship of broiler breast color to meat quality and shelf-life. *Poultry Science* 77(2):361-366.
- Altıok, D., E. Altıok, O. Bayraktar ve İ. Urla, 2006. Fonksiyonel gıda üretiminde kullanılan bazı baharatın antioksidan kapasiteleri. *Türkiye* 9:24-26.
- Anadon, H. L. S., 2002. Biological, nutritional, and processing factors affecting breast meat quality of broilers. Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Anonymous, 1998. Bacteriological Analytical Manual Edition 8, Revision A. *Food and Drug Administration (FDA) Division of Microbiology and Association of Official Analytical Chemists*:250.
- Anonymous, 2001. Bacteriological Analytical Manual. *Food Drug Administration (FDA), Center for Food Safety & Applied Nutrition (CFSAN), New Hampshire*:946.
- Apple, J. K. ve J. W. Yancey, 2013. Water-holding capacity of meat. *The science of meat quality*:119-145.
- Aran, N., 1988. Baharatın antimikrobiyal etkileri. 20. *Diyabet ve Beslenme Günleri* 5:16-18.
- Aryal, S., 2018. Biochemical Test and Identification of Pseudomonas aeruginosa, Microbiology info. *Bergey, DH, Krieg, NR, & Holt*.
- Authority, E. ve E. Prevention, f. D., and Control (2015). The European Union summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents and food-borne outbreaks in 2013. *EFSa Journal* 13:3991.
- Authority, E. F. S., 2017. The European Union summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents and food-borne outbreaks in 2016. *EFSa journal* 15(12).
- Authority, E. F. S., 2018. The European Union summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents and food-borne outbreaks in 2017. *EFSa Journal* 16(12).

- Babji, Y. ve T. Murthy, 2000. Effect of inoculation of mesophilic lactic acid bacteria on microbial and sensory changes of minced goat meat during storage under vacuum and subsequent aerobic storage. *Meat science* 54(2):197-202.
- Babovic, N., S. Djilas, M. Jadranin, V. Vajs, J. Ivanovic, S. Petrovic ve I. Zizovic, 2010. Supercritical carbon dioxide extraction of antioxidant fractions from selected Lamiaceae herbs and their antioxidant capacity. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 11(1):98-107.
- Babuskin, S., P. A. S. Babu, M. Sasikala, K. Sabina, G. Archana, M. Sivarajan ve M. Sukumar, 2014. Antimicrobial and antioxidant effects of spice extracts on the shelf life extension of raw chicken meat. *International journal of food microbiology* 171:32-40.
- Bagamboula, C., M. Uyttendaele ve J. Debevere, 2004. Inhibitory effect of thyme and basil essential oils, carvacrol, thymol, estragol, linalool and p-cymene towards *Shigella sonnei* and *S. flexneri*. *Food microbiology* 21(1):33-42.
- Bahrudin Saad, B. S., S. Y. Sing YongYek, M. A. N. Mohd Asri Nawi, N. H. Noorhasani Hashim, M. Abdussalam Salhin, M. I. S. Muhammad Idris Saleh, S. F. S. Shaida Fariza Sulaiman, K. M. T. Khairuddin Md Talib ve K. A. Kamarudzaman Ahmad, 2007. Determination of synthetic phenolic antioxidants in food items using reversed-phase HPLC.
- Balamatsia, C., E. Paleologos, M. Kontominas ve I. Savvaidis, 2006. Correlation between microbial flora, sensory changes and biogenic amines formation in fresh chicken meat stored aerobically or under modified atmosphere packaging at 4 C: possible role of biogenic amines as spoilage indicators. *Antonie van Leeuwenhoek* 89:9-17.
- Balamatsia, C. C., A. Patsias, M. G. Kontominas ve I. N. Savvaidis, 2007. Possible role of volatile amines as quality-indicating metabolites in modified atmosphere-packaged chicken fillets: Correlation with microbiological and sensory attributes. *Food Chemistry* 104(4):1622-1628.
- Balasundram, N., K. Sundram ve S. Samman, 2006. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food chemistry* 99(1):191-203.
- Barbanti, D. ve M. Pasquini, 2005. Influence of cooking conditions on cooking loss and tenderness of raw and marinated chicken breast meat. *LWT-Food Science and Technology* 38(8):895-901.
- Bardócz, S., 1995. Polyamines in food and their consequences for food quality and human health. *Trends in Food Science & Technology* 6(10):341-346.
- Baricevic, D. ve T. Bartol, 2002. The biological/pharmacological activity of the *Origanum* genus. *Spiridon EK Oregano The Genera Origanum and Lippia First ed New York: Taylor & Francis Inc.*
- Baumgart, J., B. Becker ve R. Stephan, 1986. Mikrobiologische untersuchung von lebensmitteln.
- Bekhit, A. E.-D. A., B. W. Holman, S. G. Giteru ve D. L. Hopkins, 2021. Total volatile basic nitrogen (TVB-N) and its role in meat spoilage: A review. *Trends in Food*

Science & Technology 109:280-302.

- Belal, A. A., F. B. Ahmed ve L. I. Ali, 2017. Antibacterial activity of Cuminum cyminum L. oil on six types of bacteria. *American Journal of BioScience* 5(4):70-73.
- Belayneh, H. D., R. L. Wehling, E. Cahoon ve O. N. Ciftci, 2015. Extraction of omega-3-rich oil from Camelina sativa seed using supercritical carbon dioxide. *The Journal of Supercritical Fluids* 104:153-159.
- Belwal, T., P. Dhyani, I. D. Bhatt, R. S. Rawal ve V. Pande, 2016. Optimization extraction conditions for improving phenolic content and antioxidant activity in Berberis asiatica fruits using response surface methodology (RSM). *Food chemistry* 207:115-124.
- Benzie, I., 1996. Lipid peroxidation: a review of causes, consequences, measurement and dietary influences. *International journal of food sciences and nutrition* 47(3):233-261.
- Bian, H., J. Ma, Z. Geng, T. Liu, C. Sun, D. Wang, M. Zhang ve W. Xu, 2019. Changes of hydroxyl-linoleic acids during Chinese-style sausage processing and their relationships with lipids oxidation. *Food chemistry* 296:63-68.
- Biji, K., C. Ravishankar, R. Venkateswarlu, C. Mohan ve T. Gopal, 2016. Biogenic amines in seafood: a review. *Journal of food science and technology* 53(5):2210-2218.
- Bilgin, B. ve H. Gençcelep, 2015. Determination of biogenic amines in fish products. *Food science and biotechnology* 24(5):1907-1913.
- Bimakr, M., R. A. Rahman, A. Ganjloo, F. S. Taip, L. M. Salleh ve M. Z. I. Sarker, 2012. Optimization of supercritical carbon dioxide extraction of bioactive flavonoid compounds from spearmint (Mentha spicata L.) leaves by using response surface methodology. *Food and Bioprocess Technology* 5:912-920.
- Bitencourt, R. G., W. A. Rammazzina Filho, J. T. Paula, T. T. Garmus ve F. A. Cabral, 2016. Solubility of γ -oryzanol in supercritical carbon dioxide and extraction from rice bran. *The Journal of Supercritical Fluids* 107:196-200.
- Boskovic, M., J. Djordjevic, J. Ivanovic, J. Janjic, N. Zdravkovic, M. Glisic, N. Glamoclija, B. Baltic, V. Djordjevic ve M. Baltic, 2017. Inhibition of Salmonella by thyme essential oil and its effect on microbiological and sensory properties of minced pork meat packaged under vacuum and modified atmosphere. *International Journal of Food Microbiology* 258:58-67.
- Boskovic, M., M. Glisic, J. Djordjevic, M. Starcevic, N. Glamoclija, V. Djordjevic ve M. Z. Baltic, 2019. Antioxidative activity of thyme (Thymus vulgaris) and oregano (Origanum vulgare) essential oils and their effect on oxidative stability of minced pork packaged under vacuum and modified atmosphere. *Journal of food science* 84(9):2467-2474.
- Botsoglou, N., S. Grigoropoulou, E. Botsoglou, A. Govaris ve G. Papageorgiou, 2003. The effects of dietary oregano essential oil and α -tocopheryl acetate on lipid oxidation in raw and cooked turkey during refrigerated storage. *Meat science* 65(3):1193-1200.
- Bozin, B., N. Mimica-Dukic, N. Simin ve G. Anackov, 2006. Characterization of the

- volatile composition of essential oils of some Lamiaceae spices and the antimicrobial and antioxidant activities of the entire oils. *Journal of agricultural and food chemistry* 54(5):1822-1828.
- Burt, S., 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International journal of food microbiology* 94(3):223-253.
- Buscailhon, S., G. Gandemer ve G. Monin, 1994. Time-related changes in intramuscular lipids of French dry-cured ham. *Meat Science* 37(2):245-255.
- Cervený, J., J. D. Meyer ve P. A. Hall, 2009. Microbiological spoilage of meat and poultry products. *Compendium of the microbiological spoilage of foods and beverages*:69-86.
- Ceylan, E. ve D. Fung, 2004. ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF SPICES 1. *Journal of Rapid Methods & Automation in Microbiology* 12(1):1-55 doi:<https://doi.org/10.1111/j.1745-4581.2004.tb00046.x>.
- Chan, C.-L., R.-Y. Gan, N. P. Shah ve H. Corke, 2018. Polyphenols from selected dietary spices and medicinal herbs differentially affect common food-borne pathogenic bacteria and lactic acid bacteria. *Food Control* 92:437-443.
- Chaveerach, A., P. Mookkamul, R. Sudmoon ve T. Tanee, 2006. Ethnobotany of the genus Piper (Piperaceae) in Thailand.
- Chen, G., Y. Xiong, L. Wang, J. GOMEZ-BASAURI ve F. Nicastro, 2008. Effect of Preventox on the storage stability of raw and precooked pork patties. *Journal of muscle foods* 19(1):1-16.
- Chouliara, E., A. Karatapanis, I. Savvaidis ve M. Kontominas, 2007. Combined effect of oregano essential oil and modified atmosphere packaging on shelf-life extension of fresh chicken breast meat, stored at 4 C. *Food microbiology* 24(6):607-617.
- Conner, D. ve L. Beuchat, 1984a. Effects of essential oils from plants on growth of food spoilage yeasts. *Journal of food science* 49(2):429-434.
- Conner, D. E. ve L. R. Beuchat, 1984b. Sensitivity of heat-stressed yeasts to essential oils of plants. *Applied and Environmental Microbiology* 47(2):229-233.
- Corzzini, S. C., H. D. Barros, R. Grimaldi ve F. A. Cabral, 2017. Extraction of edible avocado oil using supercritical CO₂ and a CO₂/ethanol mixture as solvents. *Journal of Food Engineering* 194:40-45.
- Cross, H., P. Durland ve S. Seideman, 1986. Sensory qualities of meat. u: Bechtel. P.[ur.] Muscle as Food, New York-San Diego, itd: Academic Press.
- da Silva, M. V., O. v. Pinho, I. Ferreira, L. Pleštilová ve P. A. Gibbs, 2002. Production of histamine and tyramine by bacteria isolated from Portuguese vacuum-packed cold-smoked fish. *Food Control* 13(6-7):457-461.
- Dainty, R. ve B. Mackey, 1992. The relationship between the phenotypic properties of bacteria from chill-stored meat and spoilage processes. *Journal of Applied Bacteriology* 73:103s-114s.
- Damia, B., P. Cattaneo ve C. Cantoni, 1995. Reliability of chemical indexes for the evaluation of the meat fats conservation. *INDUSTRIE ALIMENTARI* 34(337):484-489.

- Darwish, W., F. A. Shaltout, R. M. Salem, E. M. Eldiasty ve F. A. Diab, 2022. Seasonal Impact on the Prevalence of Yeast Contamination of Chicken Meat Products and Edible Giblets. *Journal of Advanced Veterinary Research* 12(5):641-644.
- Datta, S., A. Akter, I. Shah, K. Fatema, T. Islam, A. Bandyopadhyay, Z. Khan ve D. Biswas, 2012. Microbiological quality assessment of raw meat and meat products, and antibiotic susceptibility of isolated *Staphylococcus aureus*. *Agriculture, Food and Analytical Bacteriology* 2(3):187-194.
- de Cássia Rodrigues Batista, C., M. S. de Oliveira, M. E. Araújo, A. M. Rodrigues, J. R. S. Botelho, A. P. da Silva Souza Filho, N. T. Machado ve R. N. Carvalho, 2016. Supercritical CO₂ extraction of açai (*Euterpe oleracea*) berry oil: Global yield, fatty acids, allelopathic activities, and determination of phenolic and anthocyanins total compounds in the residual pulp. *J Supercrit Fluids* 107:364-369.
- de Castro, J. A., O. S. Monteiro, D. F. Coutinho, A. A. Rodrigues, J. K. da Silva ve J. G. Maia, 2019. Seasonal and circadian study of a thymol/ γ -terpinene/p-cymene type oil of *Ocimum gratissimum* L. and Its antioxidant and antifungal effects. *Journal of the Brazilian Chemical Society* 30:930-938.
- de Cerio, O. G.-D., A. Barrutia-Borque ve J. Gardeazabal-García, 2016. Scombroid poisoning: a practical approach. *Actas Dermo-Sifiliográficas (English Edition)* 107(7):567-571.
- De Las Rivas, B., R. Gonzalez, J. M. Landete ve R. Munoz, 2008. Characterization of a second ornithine decarboxylase isolated from *Morganella morganii*. *Journal of food protection* 71(3):657-661.
- De Mey, E., K. De Klerck, H. De Maere, L. Dewulf, G. Derdelinckx, M.-C. Peeters, I. Fraeye, Y. Vander Heyden ve H. Paelinck, 2014. The occurrence of N-nitrosamines, residual nitrite and biogenic amines in commercial dry fermented sausages and evaluation of their occasional relation. *Meat Science* 96(2):821-828.
- de Oliveira, M. S., M. M. Almeida, M. Salazar, F. C. S. Pires, F. W. F. Bezerra, V. M. B. Cunha, R. M. Cordeiro, G. R. O. Urbina, M. P. da Silva ve A. P. S. e Silva, 2018. Potential of medicinal use of essential oils from aromatic plants. *Potential of essential oils*:1-21.
- de Oliveira, M. S., W. A. da Costa, D. S. Pereira, J. R. S. Botelho, T. O. de Alencar Menezes, E. H. de Aguiar Andrade, S. H. M. da Silva, A. P. da Silva Sousa Filho ve R. N. de Carvalho Junior, 2016. Chemical composition and phytotoxic activity of clove (*Syzygium aromaticum*) essential oil obtained with supercritical CO₂. *The Journal of Supercritical Fluids* 118:185-193.
- de Oliveira, M. S., J. N. da Cruz, S. G. Silva, W. A. da Costa, S. H. B. de Sousa, F. W. F. Bezerra, E. Teixeira, N. J. N. da Silva, E. H. de Aguiar Andrade ve A. M. d. J. C. Neto, 2019. Phytochemical profile, antioxidant activity, inhibition of acetylcholinesterase and interaction mechanism of the major components of the *Piper divaricatum* essential oil obtained by supercritical CO₂. *The Journal of Supercritical Fluids* 145:74-84.
- Debut, M., C. Berri, E. Baéza, N. Sellier, C. Arnould, D. Guemene, N. Jehl, B. Boutten, Y. Jégo ve C. Beaumont, 2003. Variation of chicken technological meat quality in relation to genotype and preslaughter stress conditions. *Poultry Science*

82(12):1829-1838.

- Devriese, L., 1980. Pathogenic staphylococci in poultry. *World's Poultry Science Journal* 36(4):227-236.
- Dobrucka, R., 2016. Antimicrobial packaging with natural compounds-a review. *LogForum* 12(4).
- Doeun, D., M. Davaatseren ve M.-S. Chung, 2017. Biogenic amines in foods. *Food science and biotechnology* 26(6):1463-1474.
- Dorman, H. D. ve S. G. Deans, 2000. Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *Journal of applied microbiology* 88(2):308-316.
- Ebrahimabadi, A. H., Z. Djafari-Bidgoli, A. Mazoochi, F. J. Kashi ve H. Batooli, 2010. Essential oils composition, antioxidant and antimicrobial activity of the leaves and flowers of *Chaerophyllum macropodium* Boiss. *Food Control* 21(8):1173-1178.
- Eerola, H., A. R. Sagués ve T. Hirvi, 1998. Biogenic amines in Finnish dry sausages. *Journal of Food Safety* 18(2):127-138.
- Eerola, S., R. Hinkkanen, E. Lindfors ve T. Hirvi, 1993. Liquid chromatographic determination of biogenic amines in dry sausages. *Journal of AOAC international* 76(3):575-577.
- Eerola, S., R. Maijala, A. X. R. SAGUÉS, M. Salminen ve T. Hirvi, 1996. Biogenic amines in dry sausages as affected by starter culture and contaminant amine-positive *Lactobacillus*. *Journal of Food Science* 61(6):1243-1246.
- Efenberger-Szmechtyk, M., A. Nowak ve A. Czyzowska, 2021. Plant extracts rich in polyphenols: Antibacterial agents and natural preservatives for meat and meat products. *Critical reviews in food science and nutrition* 61(1):149-178.
- EFSA, E., 2019. The European Union One Health 2018 zoonoses report. *EFSA J* 17: e05926.
- Egan, R. W., P. Gale, E. Baptista, K. Kennicott, W. VandenHeuvel, R. Walker, P. Fagerness ve F. Kuehl, 1981. Oxidation reactions by prostaglandin cyclooxygenase-hydroperoxidase. *Journal of Biological Chemistry* 256(14):7352-7361.
- Ekici, K. ve A. K. Omer, Biogenic amines formation and their importance in fermented foods. In: *BIO Web of Conferences*, 2020. vol 17. EDP Sciences, p 00232.
- El Asbahani, A., K. Miladi, W. Badri, M. Sala, E. A. Addi, H. Casabianca, A. El Mousadik, D. Hartmann, A. Jilale ve F. Renaud, 2015. Essential oils: From extraction to encapsulation. *International journal of pharmaceutics* 483(1-2):220-243.
- Elzamzamy, F., 2014. Effect of rosemary extract on microbiological, chemical and sensorial properties of chilled chicken meat. *Middle East Journal of Applied Sciences* 4(2):142-150.
- Emir Çoban, Ö. ve G. Tuna Keleştemur, 2017. Qualitative improvement of catfish burger using *Zataria multiflora* Boiss. essential oil. *Journal of Food Measurement and Characterization* 11:530-537.

- Engesser, D., 1990. Production of biogenic amines in semi-synthetic media by lactic acid bacteria (including strains used in food fermentations). *Food Biotechnol* 4:478-482.
- Enser, M., Muscle lipids and meat quality. In: Proceedings of the British Society of Animal Science, 2001. vol 2001. Cambridge University Press, p 243-246.
- Esaiassen, M., J. Østli, E. O. Elvevoll, S. Joensen, K. Prytz ve R. Richardsen, 2004. Brining of cod fillets: influence on sensory properties and consumers liking. *Food Quality and Preference* 15(5):421-428.
- Esteraseaktivitiit, U. d. L.-u., 1992. Assay of lipase and esterase activities in fresh pork meat and dry-cured ham. *Z Lebensm Unters Forsch* 195:446-450.
- Fasseas, M., K. Mountzouris, P. Tarantilis, M. Polissiou ve G. Zervas, 2008. Antioxidant activity in meat treated with oregano and sage essential oils. *Food chemistry* 106(3):1188-1194.
- Feddern, V., H. Mazzuco, F. Fonseca ve G. De Lima, 2019. A review on biogenic amines in food and feed: Toxicological aspects, impact on health and control measures. *Animal Production Science* 59(4):608-618.
- Feiner, G., 2006. Meat products handbook: Practical science and technology. Elsevier.
- Fiedler, U., 1974. A coulometric method for the determination of low peroxide values of fats and oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 51(3):101-103.
- Fletcher, D., 1995. Relationship of breast meat color variation to muscle pH and texture. *Poult Sci* 74(Suppl 1):120.
- Foods, I. C. o. M. S. f., 1974. Sampling for microbiological analysis: principles and specific applications, vol 2. University of Toronto Press.
- Forell, S. P., N. Ranalli, N. Zaritzky, S. Andrés ve A. Califano, 2010. Effect of type of emulsifiers and antioxidants on oxidative stability, colour and fatty acid profile of low-fat beef burgers enriched with unsaturated fatty acids and phytosterols. *Meat science* 86(2):364-370.
- Füchtbauer, S., S. Mousavi, S. Bereswill ve M. M. Heimesaat, 2021. Antibacterial properties of capsaicin and its derivatives and their potential to fight antibiotic resistance - A literature survey. 11(1):10-17 doi:10.1556/1886.2021.00003.
- Sidor ve Hes, 2011. Herb extract influence on the oxidative stability of selected lipids. *Journal of Food Biochemistry* 35(6):1723-1736.
- Galgano, F., F. Favati, M. Bonadio, V. Lorusso ve P. Romano, 2009. Role of biogenic amines as index of freshness in beef meat packed with different biopolymeric materials. *Food Research International* 42(8):1147-1152.
- Garcia-Lopex, M., M. Prieto ve A. Otero, 1998. 1 The physiological attributes of Gram-negative bacteria associated with spoilage of meat and meat products. *The Microbiology of Meat and Poultry*:1.
- Gardini, F., Y. Özogul, G. Suzzi, G. Tabanelli ve F. Özogul, 2016a. Technological factors affecting biogenic amine content in foods: A review. *Frontiers in microbiology* 7:1218.

- Gardini, F., Y. Özogul, G. Suzzi, G. Tabanelli ve F. Özogul, 2016b. Technological factors affecting biogenic amine content in foods: A review. *Frontiers in microbiology* 7:198014.
- Ghosh, S., D. Chatterjee, S. Das ve P. Bhattacharjee, 2013. Supercritical carbon dioxide extraction of eugenol-rich fraction from *Ocimum sanctum* Linn and a comparative evaluation with other extraction techniques: process optimization and phytochemical characterization. *Industrial crops and products* 47:78-85.
- Gill, A. O. ve R. A. Holley, 2004. Mechanisms of bactericidal action of cinnamaldehyde against *Listeria monocytogenes* and of eugenol against *L. monocytogenes* and *Lactobacillus sakei*. *Applied and environmental microbiology* 70(10):5750-5755.
- Gill, C. ve K. Newton, 1978. The ecology of bacterial spoilage of fresh meat at chill temperatures. *Meat science* 2(3):207-217.
- Gokare, R., B. suresh, P. Giridhar, R. R. Sathuluri ve S. J. Tangirala, 2003. Biotechnological studies on *Capsicum* for metabolite production and plant improvement. 96-128.
- Gokdogan, S., Y. Özogul, E. Kuley, F. Özogul, C. Kacar ve Y. Ucar, 2012. The influences of natural zeolite (cliptinolite) on ammonia and biogenic amine formation by foodborne pathogen. *Journal of Food Science* 77(8):M452-M457.
- Gomez-Portilla, M., N. Gomez ve J. Martínez-Benavides, 2016. Evaluación de las características organolépticas, físicas y químicas de pechuga de pollo, en San Juan de Pasto (Nariño). *Revista Veterinaria y Zootecnia (On Line)* 10(2):62-71.
- Goodarzi, S., M. J. Tabatabaei, R. Mohammad Jafari, F. Shemirani, S. Tavakoli, M. Mofasseri ve Z. Tofighi, 2020. *Cuminum cyminum* fruits as source of luteolin-7-O-glucoside, potent cytotoxic flavonoid against breast cancer cell lines. *Natural product research* 34(11):1602-1606.
- Gray, J., 1978. Measurement of lipid oxidation: a review. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 55(6):539-546.
- Groom, G., 1990. Factors affecting poultry meat quality. *L'aviculture en Méditerranée Montpellier: CIHEAM*:205-210.
- Guerrero, A., M. Velandia Valero, M. M. Campo ve C. Sañudo, 2013. Some factors that affect ruminant meat quality: from the farm to the fork. Review. *Acta Scientiarum Animal Sciences* 35:335-347.
- Hajlaoui, H., H. Mighri, E. Noumi, M. Snoussi, N. Trabelsi, R. Ksouri ve A. Bakhrouf, 2010. Chemical composition and biological activities of Tunisian *Cuminum cyminum* L. essential oil: A high effectiveness against *Vibrio* spp. strains. *Food and Chemical Toxicology* 48(8-9):2186-2192.
- Halász, A., A. Barath, L. Simon-Sarkadi ve W. Holzapfel, 1994. Biogenic amines and their production by microorganisms in food. *Trends in Food Science & Technology* 5(2):42-49.
- Hamad, G., A. Amer, G. Kirrella, T. Mehany, R. A. Elfayoumy, R. Elsabagh, E. M. Elghazaly, T. Esatbeyoglu, A. Taha ve A. Zeitoun, 2022. Evaluation of the prevalence of *Staphylococcus aureus* in chicken fillets and its bio-control using different seaweed extracts. *Foods* 12(1):20.

- Hamm, R., 1977. Postmortem breakdown of ATP and glycogen in ground muscle: A review. *Meat Science* 1(1):15-39.
- Harrigan, W. ve M. McCance, 1976. A simple key for the identification of Gram-positive bacteria. *Laboratory Methods in Food and Dairy Microbiology*:258-276.
- Hasegawa, H., 1987. Laboratory manual on analytical methods and procedures for fish and fish products. Marine Fisheries Research Department, Southeast Asian Fisheries Development
- Hassan, Z. M. ve Z. A. Al-Zuhairi, 2022. Antibacterial efficacy of thyme (*thymus vulgaris*) extracts against *Campylobacter jejuni* isolated from chicken meat.
- Hegazy, N., 2004. Chemical, Microbiological and Technological Studies on some Poultry Meat Products. M. Sci. Thesis, Fac. of Agri., ElMansoura Univ., Egypt.
- Helander, I. M., H.-L. Alakomi, K. Latva-Kala, T. Mattila-Sandholm, I. Pol, E. J. Smid, L. G. Gorris ve A. von Wright, 1998. Characterization of the action of selected essential oil components on Gram-negative bacteria. *Journal of agricultural and food chemistry* 46(9):3590-3595.
- Hernández-Jover, T., M. Izquierdo-Pulido, M. T. Veciana-Nogués, A. Mariné-Font ve M. C. Vidal-Carou, 1997. Biogenic amine and polyamine contents in meat and meat products. *Journal of Agricultural and food Chemistry* 45(6):2098-2102.
- Hikal, D., 2018. Antibacterial Activity of Piperine and Black Pepper Oil. *Biosciences Biotechnology Research Asia* 15:877-880 doi:10.13005/bbra/2697.
- Höll, L., M. Hilgarth, A. J. Geissler, J. Behr ve R. F. Vogel, 2019. Prediction of in situ metabolism of photobacteria in modified atmosphere packaged poultry meat using metatranscriptomic data. *Microbiological research* 222:52-59.
- Holley, R. A. ve D. Patel, 2005. Improvement in shelf-life and safety of perishable foods by plant essential oils and smoke antimicrobials. *Food microbiology* 22(4):273-292.
- Holmer, S., R. McKeith, D. Boler, A. Dilger, J. Eggert, D. Petry, F. McKeith, K. Jones ve J. Killefer, 2009. The effect of pH on shelf-life of pork during aging and simulated retail display. *Meat Science* 82(1):86-93.
- Honikel, K., How to measure the water-holding capacity of meat? Recommendation of standardized methods. In: Evaluation and Control of Meat Quality in Pigs: A Seminar in the CEC Agricultural Research Programme, held in Dublin, Ireland, 21-22 November 1985, 1987. Springer, p 129-142.
- Honikel, K. O., 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat science* 49(4):447-457.
- Houicher, A., A. Bensid, J. M. Regenstein ve F. Özogul, 2021. Control of biogenic amine production and bacterial growth in fish and seafood products using phytochemicals as biopreservatives: A review. *Food Bioscience* 39:100807.
- Huang, L., Y. Wang, R. Li, Q. Wang, J. Dong, J. Wang ve S. Lu, 2021. Thyme essential oil and sausage diameter effects on biogenic amine formation and microbiological load in smoked horse meat sausage. *Food Bioscience* 40:100885.
- Huff-Lonergan, E. ve S. M. Lonergan, 2005. Mechanisms of water-holding capacity of

- meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat science* 71(1):194-204.
- Iacobellis, N. S., P. Lo Cantore, F. Capasso ve F. Senatore, 2005. Antibacterial activity of *Cuminum cyminum* L. and *Carum carvi* L. essential oils. *Journal of agricultural and food chemistry* 53(1):57-61.
- Ign, I., 1989. Meat quality: defining the term by modern standards. *Fleischwirtschaft* 69:1268-1270.
- Ikape, S., 2017. Fish spoilage in the tropics: A review. *Octa Journal of Biosciences* 5(2).
- Islam, M. S., M. A. Noor, M. S. Hossain, K. C. Saha ve H. Seal, 2015. Chemical investigation of bioactive compounds of black pepper. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research* 6(4):1721.
- Ivanov, G., I. Ivanova, A. Slavchev ve K. Vassilev, 2015. Biogenic amines and their role as index of freshness in chicken meat. *J Appl Life Sci Inter*:55-62.
- Izquierdo-Pulido, M., J. Font-Fàbregas, J.-M. Carceller-Rosa, A. Mariné-Font ve C. Vidal-Carou, 1996. Biogenic amine changes related to lactic acid bacteria during brewing. *Journal of Food Protection* 59(2):175-180.
- Jairath, G., P. K. Singh, R. S. Dabur, M. Rani ve M. Chaudhari, 2015. Biogenic amines in meat and meat products and its public health significance: A review. *Journal of Food Science and Technology* 52(11):6835-6846.
- Jastrzębska, A., S. Kowalska ve E. Szłyk, 2016. Studies of levels of biogenic amines in meat samples in relation to the content of additives. *Food Additives & Contaminants: Part A* 33(1):27-40.
- Jay, J. M., 1972. Mechanism and detection of microbial spoilage in meats at low temperatures: A status report. *Journal of Food Protection* 35(8):467-471.
- Jay, J. M., M. J. Loessner ve D. A. Golden, 2006. Modern food microbiology. Springer Science & Business Media.
- Jeon, A., J. Lee ve J.-H. Mah, 2018. Biogenic amine formation and bacterial contribution in Cheonggukjang , a Korean traditional fermented soybean food. *LWT* 92 doi:10.1016/j.lwt.2018.02.047.
- Jia, S., Y. Ryu, S. W. Kwon ve J. Lee, 2013. An in situ benzylation-dispersive liquid-liquid microextraction method based on solidification of floating organic droplets for determination of biogenic amines by liquid chromatography-ultraviolet analysis. *Journal of Chromatography A* 1282:1-10.
- Jirovetz, L., G. Buchbauer, A. S. Stoyanova, E. V. Georgiev ve S. T. Damianova, 2005. Composition, quality control and antimicrobial activity of the essential oil of cumin (*Cuminum cyminum* L.) seeds from Bulgaria that had been stored for up to 36 years. *International journal of food science & technology* 40(3):305-310.
- John, K. A., J. Maalouf, C. B. Barsness, K. Yuan, M. E. Cogswell ve J. P. Gunn, 2016. Do lower calorie or lower fat foods have more sodium than their regular counterparts? *Nutrients* 8(8):511.
- Kachhwaha, S., 2014. GREEN SYNTHESIS OF SILVER NANOPARTICLES USING CALLUS EXTRACT OF CAPSICUM ANNUUM L. AND THEIR ACTIVITY

AGAINST MICROORGANISMS. *International Journal of Nanotechnology and Application (IJNA)* 4:1-8.

- Kahraman, T., G. Issa, E. B. Bingol, B. B. Kahraman ve E. Dumen, 2015. Effect of rosemary essential oil and modified-atmosphere packaging (MAP) on meat quality and survival of pathogens in poultry fillets. *Brazilian Journal of Microbiology* 46:591-599.
- Kang, N., R. Yuan, L. Huang, Z. Liu, D. Huang, L. Huang, H. Gao, Y. Liu, Q.-M. Xu ve S. Yang, 2019. Atypical nitrogen-containing flavonoid in the fruits of cumin (*Cuminum cyminum* L.) with anti-inflammatory activity. *Journal of agricultural and food chemistry* 67(30):8339-8347.
- Kanner, J., 1994. Oxidative processes in meat and meat products: quality implications. *Meat science* 36(1-2):169-189.
- Karabagias, I., A. Badeka ve M. Kontominas, 2011. Shelf life extension of lamb meat using thyme or oregano essential oils and modified atmosphere packaging. *Meat science* 88(1):109-116.
- Karaman, S., M. Digrak, U. Ravid ve A. Ilcim, 2001. Antibacterial and antifungal activity of the essential oils of *Thymus revolutus* Celak from Turkey. *Journal of ethnopharmacology* 76(2):183-186.
- Karovičová, J. ve Z. Kohajdová, 2005. Biogenic amines in food. *Chemical papers* 59(1):70-79.
- Keskin, S., D. Kayrak-Talay, U. Akman ve Ö. Hortaçsu, 2007. A review of ionic liquids towards supercritical fluid applications. *The Journal of Supercritical Fluids* 43(1):150-180.
- Khaled, H., A. Aziziah ve A. Marii, 2016. Effect of oregano extract on shelf-life, microbiological quality of chilled chicken carcasses. *International Food Research Journal* 23(3):1296.
- Kilara, A., 1985. Enzyme-modified lipid food ingredients.
- Kilinc, B., S. Cakli ve S. Tolasa, 2008. Quality changes of sardine (*Sardina pilchardus*) patties during refrigerated storage. *Journal of food quality* 31(3):366-381.
- Kim, D., S. Lee, K. Lee, S. Baek ve J. Seo, 2017. Development of a pH indicator composed of high moisture-absorbing materials for real-time monitoring of chicken breast freshness. *Food science and biotechnology* 26:37-42.
- Kim, J.-H., H.-J. Ahn, J.-W. Lee, H.-J. Park, G.-H. Ryu, I.-J. Kang ve M.-W. Byun, 2005. Effects of gamma irradiation on the biogenic amines in pepperoni with different packaging conditions. *Food Chemistry* 89(2):199-205.
- Kim, J., M. R. Marshall ve C.-i. Wei, 1995. Antibacterial activity of some essential oil components against five foodborne pathogens. *Journal of agricultural and food chemistry* 43(11):2839-2845.
- Kim, J. H., H. J. Ahn, D. H. Kim, C. Jo, H. S. Yook, H. J. Park ve M. W. Byun, 2003. Irradiation effects on biogenic amines in Korean fermented soybean paste during fermentation. *Journal of Food Science* 68(1):80-84.
- Klausen, N. K. ve H. H. Huss, 1987. A rapid method for detection of histamine-producing

- bacteria. *International Journal of Food Microbiology* 5(2):137-146.
- Kolsarıcı, N., K. Candoğan ve İ. T. Akoğlu, 2010. Effect of frozen storage on alterations in lipids of mechanically deboned chicken meats.
- Komprda, T., R. Burdychová, V. Dohnal, O. Cwiková, P. Sládková ve H. Dvořáčková, 2008. Tyramine production in Dutch-type semi-hard cheese from two different producers. *Food Microbiology* 25(2):219-227.
- Kongpun, O. ve P. Suwansakornkul, 2000. Histamine formation during salting of Spanish mackerel (*Scomberomorus commerson*). *Journal of Aquatic Food Product Technology* 9(1):21-30.
- Kordali, S., A. Cakir, H. Ozer, R. Cakmakci, M. Kesdek ve E. Mete, 2008. Antifungal, phytotoxic and insecticidal properties of essential oil isolated from Turkish *Origanum acutidens* and its three components, carvacrol, thymol and p-cymene. *Bioresource technology* 99(18):8788-8795.
- Köse, S., M. Boran ve G. Boran, 2006. Storage properties of refrigerated whiting mince after mincing by three different methods. *Food chemistry* 99(1):129-135.
- Kramer, D. E. ve J. Liston, 1987. Seafood quality determination. Proceedings.
- Křížek, M., E. Dadáková, F. Vácha, T. Pelikánová ve K. Matějková, 2018. The effects of two essential oil and UV-light irradiation treatments on the formation of biogenic amines in vacuum packed fillets of carp (*Cyprinus carpio*). *LWT* 95:268-273.
- Kuley, E., E. Balıkcı, İ. Özoğul, S. Gökdogan ve F. Özoğul, 2012. Stimulation of cadaverine production by foodborne pathogens in the presence of *Lactobacillus*, *Lactococcus*, and *Streptococcus* spp. *Journal of food science* 77(12):M650-M658.
- Kuley, E. ve F. Özogul, 2011. Synergistic and antagonistic effect of lactic acid bacteria on tyramine production by food-borne pathogenic bacteria in tyrosine decarboxylase broth. *Food chemistry* 127(3):1163-1168.
- Kuley, F., N. B. Rathod, E. Kuley, M. T. Yilmaz ve F. Ozogul, 2024. Inhibition of Food-Borne Pathogen Growth and Biogenic Amine Synthesis by Spice Extracts. *Foods* 13(3):364.
- Kumar, A., R. Shukla, P. Singh, C. S. Prasad ve N. K. Dubey, 2008. Assessment of *Thymus vulgaris* L. essential oil as a safe botanical preservative against post harvest fungal infestation of food commodities. *Innovative food science & emerging technologies* 9(4):575-580.
- Kumar, Y., D. N. Yadav, T. Ahmad ve K. Narsaiah, 2015. Recent trends in the use of natural antioxidants for meat and meat products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 14(6):796-812.
- Kung, H.-F., Y.-H. Tsai, S.-C. Chang ve T.-Y. Hong, 2012. Biogenic amine content, histamine-forming bacteria, and adulteration of pork in tuna sausage products. *Journal of food protection* 75(10):1814-1822.
- Kuwahara, K. ve K. Osako, 2003. Effect of sodium gluconate on gel formation of Japanese common squid mantle muscle.
- Ladero, V., M. Calles-Enríquez, M. Fernández ve M. A Alvarez, 2010. Toxicological effects of dietary biogenic amines. *Current Nutrition & Food Science* 6(2):145-

156.

- Ladero, V., M. Fernández, M. Calles-Enríquez, E. Sánchez-Llana, E. Cañedo, M. Martín ve M. Álvarez, 2012. Is biogenic amines production a strain-dependent trait in enterococci. *Food Microbiol* 30(1):132-8.
- Lal, A. ve N. Cheeptham, 2015. Decarboxylase Broth Protocol. *American Society for Microbiology*:10pp.
- Lambert, R., P. N. Skandamis, P. J. Coote ve G. J. Nychas, 2001. A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. *Journal of applied microbiology* 91(3):453-462.
- Landete, J., S. Ferrer ve I. Pardo, 2007. Biogenic amine production by lactic acid bacteria, acetic bacteria and yeast isolated from wine. *Food Control* 18(12):1569-1574.
- Laranjo, M., A. Gomes, A. C. Agulheiro-Santos, M. E. Potes, M. J. Cabrita, R. Garcia, J. M. Rocha, L. C. Roseiro, M. J. Fernandes ve M. J. Fraqueza, 2017. Impact of salt reduction on biogenic amines, fatty acids, microbiota, texture and sensory profile in traditional blood dry-cured sausages. *Food Chemistry* 218:129-136.
- Latorre-Moratalla, M., S. Bover-Cid, R. Talon, M. Garriga, E. Zanardi, A. Ianieri, M. J. Fraqueza, M. Elias, E. Drosinos ve M. Vidal-Carou, 2010. Strategies to reduce biogenic amine accumulation in traditional sausage manufacturing. *LWT-Food Science and Technology* 43(1):20-25.
- Lawrence, B. M., 2006. Mint: the genus *Mentha*. CRC press.
- Lázaro, C. A., C. A. Conte-Júnior, A. C. Canto, M. L. G. Monteiro, B. Costa-Lima, A. G. da Cruz, E. T. Mársico ve R. M. Franco, 2015. Biogenic amines as bacterial quality indicators in different poultry meat species. *LWT-Food Science and Technology* 60(1):15-21.
- Le Bihan-Duval, E., C. Berri, E. Baéza, N. Millet ve C. Beaumont, 2001. Estimation of the genetic parameters of meat characteristics and of their genetic correlations with growth and body composition in an experimental broiler line. *Poultry Science* 80(7):839-843.
- Lee, K., S. Baek, D. Kim ve J. Seo, 2019. A freshness indicator for monitoring chicken-breast spoilage using a Tyvek® sheet and RGB color analysis. *Food Packaging and Shelf Life* 19:40-46.
- Lehane, L. ve J. Olley, 2000. Histamine fish poisoning revisited. *International journal of food microbiology* 58(1-2):1-37.
- Leroy, F. ve L. De Vuyst, 2004. Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry. *Trends in Food Science & Technology* 15(2):67-78.
- Li, B. ve S. Lu, 2020. The importance of amine-degrading enzymes on the biogenic amine degradation in fermented foods: A review. *Process Biochemistry* 99:331-339.
- Li, R. ve Z. T. Jiang, 2004. Chemical composition of the essential oil of *Cuminum cyminum* L. from China. *Flavour and fragrance journal* 19(4):311-313.
- Li, Y., W. Wang, Y. Long, Y. Peng, Y. Li, K. Chao ve X. Tang, 2018. A feasibility study of rapid nondestructive detection of total volatile basic nitrogen (TVB-N) content in beef based on airflow and laser ranging technique. *Meat science* 145:367-374.

- Linares, D. M., M. Martín, V. Ladero, M. A. Alvarez ve M. Fernández, 2011. Biogenic amines in dairy products. *Critical reviews in food science and nutrition* 51(7):691-703.
- Linares, M., M. Berruga, R. Bórnez ve H. Vergara, 2007. Lipid oxidation in lamb meat: Effect of the weight, handling previous slaughter and modified atmospheres. *Meat science* 76(4):715-720.
- Liu, D.-C., R.-T. Tsau, Y.-C. Lin, S.-S. Jan ve F.-J. Tan, 2009. Effect of various levels of rosemary or Chinese mahogany on the quality of fresh chicken sausage during refrigerated storage. *Food chemistry* 117(1):106-113.
- Liu, J., H. C. Yeo, S. J. Doniger ve B. N. Ames, 1997. Assay of aldehydes from lipid peroxidation: gas chromatography–mass spectrometry compared to thiobarbituric acid. *Analytical biochemistry* 245(2):161-166.
- Liu, Z., Y. L. Xiong ve J. Chen, 2010. Protein oxidation enhances hydration but suppresses water-holding capacity in porcine longissimus muscle. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58(19):10697-10704.
- Llácer, J. L., L. M. Polo, S. Tavárez, B. Alarcón, R. Hilario ve V. Rubio, 2007. The gene cluster for agmatine catabolism of *Enterococcus faecalis*: study of recombinant putrescine transcarbamylase and agmatine deiminase and a snapshot of agmatine deiminase catalyzing its reaction. *Am Soc Microbiol*.
- Lorenzo, J. M. ve R. Domínguez, 2014. Cooking losses, lipid oxidation and formation of volatile compounds in foal meat as affected by cooking procedure. *Flavour and Fragrance Journal* 29(4):240-248.
- Lorenzo, J. M., P. E. S. Munekata ve R. Domínguez, 2017. Role of autochthonous starter cultures in the reduction of biogenic amines in traditional meat products. *Current Opinion in Food Science* 14:61-65.
- Luo, H., S. Lin, F. Ren, L. Wu, L. Chen ve Y. Sun, 2007. Antioxidant and antimicrobial capacity of Chinese medicinal herb extracts in raw sheep meat. *Journal of food protection* 70(6):1440-1445.
- Ly, D., S. Mayrhofer, J.-M. Schmidt, U. Zitz ve K. J. Domig, 2020. Biogenic amine contents and microbial characteristics of Cambodian fermented foods. *Foods* 9(2):198.
- Ma, X., H. Wu, L. Liu, Q. Yao, S. Wang, R. Zhan, S. Xing ve Y. Zhou, 2011. Polyphenolic compounds and antioxidant properties in mango fruits. *Scientia Horticulturae* 129(1):102-107.
- Maga, J. A., 1987. The flavor chemistry of wood smoke. *Food Reviews International* 3(1-2):139-183.
- Mah, J.-H., Y. J. Kim ve H.-J. Hwang, 2009. Inhibitory effects of garlic and other spices on biogenic amine production in Myeolchi-jeot, Korean salted and fermented anchovy product. *Food Control* 20(5):449-454.
- Maijala, R., E. Nurmi ve A. Fischer, 1995. Influence of processing temperature on the formation of biogenic amines in dry sausages. *Meat Sci* 39(1):9-22 doi:10.1016/0309-1740(95)80003-4.

- Maijala, R. L., S. H. Eerola, M. A. Aho ve J. A. Hirn, 1993. The Effect of GDL-induced pH Decrease on the Formation of Biogenic Amines in Meat. *J Food Prot* 56(2):125-129 doi:10.4315/0362-028x-56.2.125.
- Malle, P. ve M. Poumeyrol, 1989. A new chemical criterion for the quality control of fish: trimethylamine/total volatile basic nitrogen (%). *Journal of food protection* 52(6):419-423.
- Manassis, G., A. I. Kalogianni, T. Lazou, M. Moschovas, I. Bossis ve A. I. Gelasakis, 2020. Plant-derived natural antioxidants in meat and meat products. *Antioxidants* 9(12):1215.
- Manhani, M. R., M. A. Nicoletti, A. C. D. S. Barretto, G. R. De Jesus, C. C. Munhoz, G. R. De Abreu, J. Zaccarelli-Magalhães ve A. R. Fukushima, 2018. Antioxidant action of rosemary and oregano extract in pre-cooked meat hamburger. *Food and Nutrition Sciences* 9(7):806-817.
- Marin, M., M. Novaković, V. Tešević, S. Kolarević ve B. Vuković-Gačić, 2018. Comparison of the compositions, antimicrobial and antioxidant activities of essential oils from the endemic species thymus malyi ronninger and thymus lykæ degen et jav. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus* 17(5):157-165.
- Marini, E., G. Magi, M. Mingoia, A. Pugnali ve B. Facinelli, 2015. Antimicrobial and Anti-Virulence Activity of Capsaicin Against Erythromycin-Resistant, Cell-Invasive Group A Streptococci. *Front Microbiol* 6:1281 doi:10.3389/fmicb.2015.01281.
- Martín-Sánchez, A. M., C. Chaves-López, E. Sendra, E. Sayas, J. Fenández-López ve J. Á. Pérez-Álvarez, 2011. Lipolysis, proteolysis and sensory characteristics of a Spanish fermented dry-cured meat product (salchichón) with oregano essential oil used as surface mold inhibitor. *Meat science* 89(1):35-44.
- Mawlood, M. H. ve Z. K. Khidhir, 2018. Microbiological Assessment of Chicken Breast Meat from Unlicensed And Licensed Slaughterhouses During Refrigeration And Freezing Storage. *Basrah Journal of Veterinary Research* 17(3).
- Meilgaard, M. C., B. T. Carr ve G. V. Civille, 1999. Sensory evaluation techniques. CRC press.
- MIETZ, J. L. ve E. KARMAS, 1977. Chemical quality index of canned tuna as determined by high-pressure liquid chromatography. *Journal of Food Science* 42(1):155-158.
- Milenković, A. N. ve L. P. Stanojević, 2021. Black pepper: Chemical composition and biological activities. *Advanced Technologies* 10(2):40-50.
- Min, J.-S., S.-O. Lee, A. Jang, C. Jo ve M. Lee, 2007. Irradiation and organic acid treatment for microbial control and the production of biogenic amines in beef and pork. *Food Chemistry* 104(2):791-799.
- Mir, N. A., A. Rafiq, F. Kumar, V. Singh ve V. Shukla, 2017a. Determinants of broiler chicken meat quality and factors affecting them: a review. *Journal of food science and technology* 54:2997-3009.
- Mir, S. A., F. A. Masoodi ve J. Raja, 2017b. Influence of natural antioxidants on microbial load, lipid oxidation and sensorial quality of rista—A traditional meat product of

- India. *Food bioscience* 20:79-87.
- Mohammad Salamatullah, A., K. Hayat, F. Mabood Husain, M. Asif Ahmed, S. Arzoo, M. Musaad Althbiti, A. Alzahrani, B. A. M. Al-Zaied, H. Kahlil Alyahya ve N. Albader, 2022. Effects of different solvents extractions on total polyphenol content, HPLC analysis, antioxidant capacity, and antimicrobial properties of peppers (red, yellow, and green (*Capsicum annum* L.)). *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* 2022.
- Montes-Belmont, R. ve M. Carvajal, 1998. Control of *Aspergillus flavus* in maize with plant essential oils and their components. *Journal of food protection* 61(5):616-619.
- Moreno, Y. ve H. Arteaga-Miñano, 2018. Natural conservation of guinea pig (*Cavia porcellus*) meat vacuum packed: Oregano essential oil effect on the physicochemical, microbiological and sensory characteristics. *Scientia Agropecuaria* 9(4):467-476.
- Morshedi, D., F. Aliakbari, A. Tayaranian-Marvian, A. Fassihi, F. Pan-Montojo ve H. Pérez-Sánchez, 2015. Cuminaldehyde as the major component of *Cuminum cyminum*, a natural aldehyde with inhibitory effect on alpha-synuclein fibrillation and cytotoxicity. *Journal of food science* 80(10):H2336-H2345.
- Mostafa, A. A., A. A. Al-Askar, K. S. Almaary, T. M. Dawoud, E. N. Sholkamy ve M. M. Bakri, 2018. Antimicrobial activity of some plant extracts against bacterial strains causing food poisoning diseases. *Saudi journal of biological sciences* 25(2):361-366.
- Murphy, R. ve B. Marks, 2000. Effect of meat temperature on proteins, texture, and cook loss for ground chicken breast patties. *Poultry science* 79(1):99-104.
- Naila, A., S. Flint, G. Fletcher, P. Bremer ve G. Meerdink, 2010. Control of biogenic amines in food—existing and emerging approaches. *Journal of food science* 75(7):R139-R150.
- Nazzaro, F., F. Fratianni, L. De Martino, R. Coppola ve V. De Feo, 2013. Effect of essential oils on pathogenic bacteria. *Pharmaceuticals* 6(12):1451-1474.
- Nejad-Sadeghi, M., S. Taji ve I. Goodarznia, 2015. Optimization of supercritical carbon dioxide extraction of essential oil from *Dracocephalum kotschy* Boiss: An endangered medicinal plant in Iran. *Journal of Chromatography A* 1422:73-81.
- Nieto, G., 2020. A review on applications and uses of thymus in the food industry. *Plants* 9(8):961.
- Nowshad, F., N. Mustari ve M. S. Khan, 2021. Overview of microbial contamination of foods and associated risk factors. *Techniques to Measure Food Safety and Quality: Microbial, Chemical, and Sensory*:11-29.
- Ntzimani, A. G., E. K. Paleologos, I. N. Savvaidis ve M. G. Kontominas, 2008. Formation of biogenic amines and relation to microbial flora and sensory changes in smoked turkey breast fillets stored under various packaging conditions at 4 C. *Food Microbiology* 25(3):509-517.
- O'Halloran, G., D. Troy, D. Buckley ve W. Reville, 1997. The role of endogenous proteases in the tenderisation of fast glycolysing muscle. *Meat Science* 47(3-

4):187-210.

- Offer, G., 1991. Modelling of the formation of pale, soft and exudative meat: Effects of chilling regime and rate and extent of glycolysis. *Meat science* 30(2):157-184.
- Offer, G. ve J. Trinick, 1983. On the mechanism of water holding in meat: the swelling and shrinking of myofibrils. *Meat science* 8(4):245-281.
- Oroojalian, F., R. Kasra-Kermanshahi, M. Azizi ve M. R. Bassami, 2010. Phytochemical composition of the essential oils from three Apiaceae species and their antibacterial effects on food-borne pathogens. *Food Chemistry* 120(3):765-770 doi:https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.11.008.
- Özalp, B. ve M. Karakaya, 2009. Determination of some functional and technological properties of octopus (*Octopus vulgaris* C.), calamary (*Illex coindetti* V.), mussel (*Mytilus galloprovincialis* L.) and cuttlefish (*Sepia officinalis* L.) meats. *Journal of Fisheries Sciences com* 3(4):275.
- Özcan, M. M. ve J.-C. Chalchat, 2008. Chemical composition and antifungal activity of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) oil from Turkey. *International journal of food sciences and nutrition* 59(7-8):691-698.
- Özdestan, Ö. ve Ü. Ali, 2006. Biyojen amin analiz yöntemleri. *Akademik Gıda* 4(2):19-24.
- Özogul, F., 2011. Effects of specific lactic acid bacteria species on biogenic amine production by foodborne pathogen. *International journal of food science & technology* 46(3):478-484.
- Özoğul, F., 2004. Production of biogenic amines by *Morganella morganii*, *Klebsiella pneumoniae* and *Hafnia alvei* using a rapid HPLC method. *European Food Research and Technology* 219(5):465-469.
- Özogul, F., I. Hamed ve S. Gokdogan, 2016. The impact of natural clinoptilolite on ammonia, cadaverine and other polyamine formation by food-borne pathogen in lysine decarboxylase broth. *LWT-Food Science and Technology* 65:703-710.
- Özogul, F., Ç. Kaçar ve E. Kuley, 2015. The impact of carvacrol on ammonia and biogenic amine production by common foodborne pathogens. *Journal of Food Science* 80(12):M2899-M2903.
- Özogul, F., E. Küley, F. Küley, P. Kulawik ve J. M. Rocha, 2022. Impact of sumac, cumin, black pepper and red pepper extracts in the development of foodborne pathogens and formation of biogenic amines. *European Food Research and Technology* 248(7):1803-1813.
- Özogul, F. ve Y. Özogul, 2006. Biogenic amine content and biogenic amine quality indices of sardines (*Sardina pilchardus*) stored in modified atmosphere packaging and vacuum packaging. *Food Chemistry* 99(3):574-578.
- Özogul, F. ve Y. Özogul, 2007. The ability of biogenic amines and ammonia production by single bacterial cultures. *European Food Research and Technology* 225:385-394.
- Özogul, F., V. Šimat, S. Gokdogan, J. M. Regenstein ve Y. Özogul, 2018. Effect of natural zeolite (clinoptilolite) on in vitro biogenic amine production by gram

- positive and gram negative pathogens. *Frontiers in microbiology* 9:2585.
- Ozogul, F., G. Tabanelli, N. Toy ve F. Gardini, 2015. Impact of cell-free supernatant of lactic acid bacteria on putrescine and other polyamine formation by foodborne pathogens in ornithine decarboxylase broth. *Journal of agricultural and food chemistry* 63(24):5828-5835.
- Ozogul, Y., M. Durmus, E. Kuley Boga, Y. Uçar ve F. Ozogul, 2018. The function of emulsions on the biogenic amine formation and their indices of sea bass fillets (*Dicentrarchus Labrax*) stored in vacuum packaging. *Journal of food science* 83(2):318-325.
- Paleologos, E., I. Savvaidis ve M. Kontominas, 2004. Biogenic amines formation and its relation to microbiological and sensory attributes in ice-stored whole, gutted and filleted Mediterranean Sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Food microbiology* 21(5):549-557.
- Papavergou, E. J., I. N. Savvaidis ve I. A. Ambrosiadis, 2012. Levels of biogenic amines in retail market fermented meat products. *Food Chemistry* 135(4):2750-2755.
- Pasqua, R. D., V. d. Feo, F. Villani ve G. Mauriello, 2005. In vitro antimicrobial activity of essential oils from Mediterranean Apiaceae, Verbenaceae and Lamiaceae against foodborne pathogens and spoilage bacteria.
- Pearson, A. M. ve T. A. Gillett, 1996. Processed meats. Springer Science & Business Media.
- Pospiech, E. ve M. Montowska, 3. Technologies to improve water-holding capacity of meat.
- Pourmortazavi, S. M. ve S. S. Hajimirsadeghi, 2007. Supercritical fluid extraction in plant essential and volatile oil analysis. *Journal of chromatography A* 1163(1-2):2-24.
- Pourmortazavi, S. M., Z. Saghafi, A. Ehsani ve M. Yousefi, 2018. Application of supercritical fluids in cholesterol extraction from foodstuffs: a review. *Journal of food science and technology* 55:2813-2823 doi:<https://doi.org/10.1007/s13197-018-3205-z>.
- Premont, R. T., R. R. Gainetdinov ve M. G. Caron, 2001. Following the trace of elusive amines. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 98(17):9474-9475.
- Prester, L., 2011. Biogenic amines in fish, fish products and shellfish: a review. *Food Additives & Contaminants: Part A* 28(11):1547-1560.
- Pundir, R. K. ve P. Jain, 2010. Comparative studies on the antimicrobial activity of black pepper (*Piper nigrum*) and turmeric (*Curcuma longa*) extracts. *Int J Appl Biol Pharm Technol* 1(2):492-500.
- Qiao, M., D. Fletcher, D. Smith ve J. Northcutt, 2001. The effect of broiler breast meat color on pH, moisture, water-holding capacity, and emulsification capacity. *Poultry science* 80(5):676-680.
- Rabie, M., H. Siliha, S. El-Saidy, A. El-Badawy ve F. X. Malcata, 2011. Effect of γ -irradiation upon biogenic amine formation in blue cheese during storage. *International dairy journal* 21(5):373-376.
- Rabie, M. A., C. Peres ve F. X. Malcata, 2014. Evolution of amino acids and biogenic

- amines throughout storage in sausages made of horse, beef and turkey meats. *Meat Science* 96(1):82-87.
- Rahal, N. B., F. J. Barba, D. Barth ve I. Chevalot, 2015. Supercritical CO₂ extraction of oil, fatty acids and flavonolignans from milk thistle seeds: Evaluation of their antioxidant and cytotoxic activities in Caco-2 cells. *Food and Chemical Toxicology* 83:275-282.
- Rao, V. K. ve B. Kowale, 1991. Changes in phospholipids of buffalo meat during processing and storage. *Meat science* 30(2):115-129.
- Rashidimehr, A., M. Zarei, M. PourMehdi ve M. Noshad, 2022. PREDICTING SHELF LIFE OF CHICKEN BURGER PRODUCED FROM SURIMI UNDER COMBINED USE OF THYME ESSENTIAL OIL AND MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING: The effect of essential oils on new burgers. *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences* 11(4):e1662-e1662.
- Rasooli, I. ve S. A. Mirmostafa, 2003. Bacterial susceptibility to and chemical composition of essential oils from *Thymus kotschyanus* and *Thymus persicus*. *Journal of agricultural and food chemistry* 51(8):2200-2205.
- Rathod, N. B., P. Kulawik, F. Ozogul, J. M. Regenstein ve Y. Ozogul, 2021. Biological activity of plant-based carvacrol and thymol and their impact on human health and food quality. *Trends in Food Science & Technology* 116:733-748.
- Reddy, S. V., P. V. Srinivas, B. Praveen, K. H. Kishore, B. C. Raju, U. S. Murthy ve J. M. Rao, 2004. Antibacterial constituents from the berries of *Piper nigrum*. *Phytomedicine* 11(7-8):697-700.
- Ripoll, G., M. Joy ve F. Muñoz, 2011. Use of dietary vitamin E and selenium (Se) to increase the shelf life of modified atmosphere packaged light lamb meat. *Meat science* 87(1):88-93.
- Roccato, A., M. Uyttendaele, V. Cibin, F. Barrucci, V. Cappa, P. Zavagnin, A. Longo ve A. Ricci, 2015. Survival of *Salmonella Typhimurium* in poultry-based meat preparations during grilling, frying and baking. *International journal of food microbiology* 197:1-8.
- Rodriguez-Garcia, I., B. Silva-Espinoza, L. Ortega-Ramirez, J. Leyva, M. Siddiqui, M. Cruz-Valenzuela, G. Gonzalez-Aguilar ve J. Ayala-Zavala, 2016. Oregano essential oil as an antimicrobial and antioxidant additive in food products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 56(10):1717-1727.
- Rodríguez, J., C. Olea-Azar, C. Cavieres, E. Norambuena, T. Delgado-Castro, J. Soto-Delgado ve R. Araya-Maturana, 2007. Antioxidant properties and free radical-scavenging reactivity of a family of hydroxynaphthalenones and dihydroxyanthracenones. *Bioorganic & medicinal chemistry* 15(22):7058-7065.
- Rojas, M. C. ve M. S. Brewer, 2008. Effect of natural antioxidants on oxidative stability of frozen, vacuum-packaged beef and pork. *Journal of Food quality* 31(2):173-188.
- Romano, A., H. Trip, A. Lonvaud-Funel, J. S. Lolkema ve P. M. Lucas, 2012. Evidence of two functionally distinct ornithine decarboxylation systems in lactic acid bacteria. *Applied and environmental microbiology* 78(6):1953-1961.

- Rota, C., J. Carraminana, J. Burillo ve A. Herrera, 2004. In vitro antimicrobial activity of essential oils from aromatic plants against selected foodborne pathogens. *Journal of food protection* 67(6):1252-1256.
- Ruiz-Capillas, C., F. J. Colmenero, A. V. Carrascosa ve R. Muñoz, 2007. Biogenic amine production in Spanish dry-cured “chorizo” sausage treated with high-pressure and kept in chilled storage. *Meat Science* 77(3):365-371.
- Ruiz-Capillas, C. ve A. M. Herrero, 2019. Impact of biogenic amines on food quality and safety. *Foods* 8(2):62.
- Ruiz-Capillas, C. ve F. Jiménez-Colmenero, 2004. Biogenic amines in meat and meat products. *Critical reviews in food science and nutrition* 44(7-8):489-599.
- Ruiz-Capillas, C. ve F. Jiménez-Colmenero, 2005. Biogenic amines in meat and meat products. *Critical Reviews in food Science and Nutrition* 44(7-8):489-599.
- Ruiz-Capillas, C. ve A. Moral, 2001. Sensory and Nutritive Qualities of Food-Production of Biogenic Amines and Their Potential Use as Quality Control Indices for Hake (*Merluccius merluccius*, L.) Stored in Ice. *Journal of Food Science* 66(7):1030-1032.
- Rukchon, C., S. Trevanich, T. Jinkarn ve P. Suppaku, Volatile compounds as quality indicators of fresh chicken and possible application in intelligent packaging. In: 12th Asian Food Science Conference, Bangkok, Thailand, 2011. p 287-294.
- Russell, S., D. Fletcher ve N. Cox, 1995. Spoilage bacteria of fresh broiler chicken carcasses. *Poultry Science* 74(12):2041-2047.
- Saeed, Y., M. Dadashi, G. Eslami, H. Goudarzi, S. Taheri ve F. Fallah, 2016. Evaluation of antimicrobial activity of Cuminum cyminum essential oil and extract against bacterial strains isolated from patients with symptomatic urinary tract infection. *Novelty in Biomedicine* 4(4):147-152.
- Saewan, S., Z. K. Khidhir ve M. Al-Bayati, 2021a. The impact of storage duration and conditions on the formation of biogenic amines and microbial content in poultry meat. *Iraqi Journal of Veterinary Sciences* 35(1):183-188.
- Saewan, S., Z. K. Khidhir ve M. H. Al-Bayati, 2021b. The impact of storage duration and conditions on the formation of biogenic amines and microbial content in poultry meat. *Iraqi J Vet Sci* 35:183-188.
- Sağdıç, O. ve M. Özcan, 2003. Antibacterial activity of Turkish spice hydrosols. *Food control* 14(3):141-143.
- Salem, A. M., R. A. Amin ve G. S. Afifi, 2010. Studies on antimicrobial and antioxidant efficiency of some essential oils in minced beef. *J Am Sci* 6:691-700.
- Saloko, S., P. Darmadji, B. Setiaji ve Y. Pranoto, 2014. Antioxidative and antimicrobial activities of liquid smoke nanocapsules using chitosan and maltodextrin and its application on tuna fish preservation. *Food Bioscience* 7:71-79.
- Santos, M. S., 1996. Biogenic amines: their importance in foods. *International journal of food microbiology* 29(2-3):213-231.
- Sarıçoban, C. ve M. T. Yilmaz, 2014. Effect of thyme/cumin essential oils and butylated hydroxyl anisole/butylated hydroxyl toluene on physicochemical properties and

- oxidative/microbial stability of chicken patties. *Poultry science* 93(2):456-463.
- Schafheitle, J. ve J. S. Edwards, 2007. Handbook of Meat, Poultry and Seafood Quality. Wiley Online Library.
- Schormüller, J., 1968. The chemistry and biochemistry of cheese ripening. *Advances in food research* 16:231-334.
- Shahidi, F., 1994. Assessment of lipid oxidation and off-flavour development in meat and meat products Flavor of meat and meat products. Springer, 247-266.
- Shahidi, F. ve U. N. Wanasundara, 2002. Methods for measuring oxidative rancidity in fats and oils Food lipids. CRC Press, 484-507.
- Shalaby, A. R., 1996. Significance of biogenic amines to food safety and human health. *Food research international* 29(7):675-690.
- Shaltout, F. A. ve H. A. Koura, 2017. Impact of some essential oils on the quality aspect and shelf life of meat. *Benha Veterinary Medical Journal* 33(2):351-364.
- Shange, N., T. Makasi, P. Gouws ve L. C. Hoffman, 2019. Preservation of previously frozen black wildebeest meat (*Connochaetes gnou*) using oregano (*Oreganum vulgare*) essential oil. *Meat science* 148:88-95.
- Shao, Q., Y. Huang, A. Zhou, H. Guo, A. Zhang ve Y. Wang, 2014. Application of response surface methodology to optimise supercritical carbon dioxide extraction of volatile compounds from *Crocus sativus*. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 94(7):1430-1436.
- Sikkema, J., J. A. de Bont ve B. Poolman, 1995. Mechanisms of membrane toxicity of hydrocarbons. *Microbiological reviews* 59(2):201-222.
- Silva, C. M. ve M. B. A. Glória, 2002. Bioactive amines in chicken breast and thigh after slaughter and during storage at 4 ± 1 C and in chicken-based meat products. *Food chemistry* 78(2):241-248.
- Silva, S. G., M. S. de Oliveira, J. N. Cruz, W. A. da Costa, S. H. M. da Silva, A. A. B. Maia, R. L. de Sousa, R. N. C. Junior ve E. H. de Aguiar Andrade, 2021. Supercritical CO₂ extraction to obtain *Lippia thymoides* Mart. & Schauer (Verbenaceae) essential oil rich in thymol and evaluation of its antimicrobial activity. *The Journal of Supercritical Fluids* 168:105064.
- Singh, A., R. Singh, A. Bhunia ve N. Singh, 2003. Efficacy of plant essential oils as antimicrobial agents against *Listeria monocytogenes* in hotdogs. *LWT-Food Science and Technology* 36(8):787-794.
- Singh, G., I. Kapoor, S. Pandey, U. Singh ve R. Singh, 2002. Studies on essential oils: part 10; antibacterial activity of volatile oils of some spices. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives* 16(7):680-682.
- Sivropoulou, A., E. Papanikolaou, C. Nikolaou, S. Kokkini, T. Lanaras ve M. Arsenakis, 1996. Antimicrobial and cytotoxic activities of *Origanum* essential oils. *Journal of agricultural and Food Chemistry* 44(5):1202-1205.
- Skandamis, P. N. ve G. J. Nychas, 2001. Effect of oregano essential oil on microbiological and physico-chemical attributes of minced meat stored in air and modified

- atmospheres. *Journal of Applied Microbiology* 91(6):1011-1022.
- Skibsted, L., 1998. Lipid Derived Off Flavor in Meat. *Flavor of meat, meat products and seafoods*.
- Skoula, M. ve J. B. Harborne, 2002. The taxonomy and chemistry of *Origanum*. *Oregano: the genera Origanum and Lippia* 67.
- Smith, T., 1981. Amines in food. *Food Chemistry* 6(3):169-200.
- Sokmen, A., M. Gulluce, H. A. Akpulat, D. Daferera, B. Tepe, M. Polissiou, M. Sokmen ve F. Sahin, 2004. The in vitro antimicrobial and antioxidant activities of the essential oils and methanol extracts of endemic *Thymus spathulifolius*. *Food control* 15(8):627-634.
- Sökmen, M., J. Serkedjieva, D. Daferera, M. Gulluce, M. Polissiou, B. Tepe, H. A. Akpulat, F. Sahin ve A. Sokmen, 2004. In vitro antioxidant, antimicrobial, and antiviral activities of the essential oil and various extracts from herbal parts and callus cultures of *Origanum acutidens*. *Journal of agricultural and food chemistry* 52(11):3309-3312.
- Soladoye, O., M. Juárez, J. Aalhus, P. Shand ve M. Estévez, 2015. Protein oxidation in processed meat: Mechanisms and potential implications on human health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 14(2):106-122.
- Sorour, M. A., A. El-Hamied, A. Adel, E. S. A. Mohamoud ve A. R. Mahmoud, 2022. Anti-Oxidative Impact of Liquid Smoke and Thyme Essential Oil on the Quality Characteristics of Chicken and Turkey Meatballs Products during Frozen Storage. *European Journal of Nutrition & Food Safety* 14(3):14-26.
- Stadnik, J. ve Z. J Dolatowski, 2010. Biogenic amines in meat and fermented meat products. *ACTA Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria* 9(3):251-263.
- Stratton, J. E., R. W. Hutkins ve S. L. Taylor, 1991. Biogenic amines in cheese and other fermented foods: a review. *Journal of food protection* 54(6):460-470.
- Sun, Q., Q. Chen, F. Li, D. Zheng ve B. Kong, 2016. Biogenic amine inhibition and quality protection of Harbin dry sausages by inoculation with *Staphylococcus xylosus* and *Lactobacillus plantarum*. *Food Control* 68:358-366.
- Szabóová, R., A. Lauková ve L. Chrastinová, 2013. Antibacterial activity of oregano and sage plant extracts against decarboxylase-positive enterococci isolated from rabbit meat.
- Tahir, H. U., R. A. Sarfraz, A. Ashraf ve S. Adil, 2016. Chemical composition and antidiabetic activity of essential oils obtained from two spices (*Syzygium aromaticum* and *Cuminum cyminum*). *International journal of food properties* 19(10):2156-2164.
- Tamim, N. ve J. Doerr, 2003. Effect of putrefaction of poultry carcasses prior to rendering on biogenic amine production. *Journal of applied poultry research* 12(4):456-460.
- Taverniers, I., M. De Loose ve E. Van Bockstaele, 2004. Trends in quality in the analytical laboratory. I. Traceability and measurement uncertainty of analytical results. *TrAC Trends in Analytical Chemistry* 23(7):480-490.

- ten Brink, B., C. Damink, H. Joosten ve J. H. In't Veld, 1990. Occurrence and formation of biologically active amines in foods. *International journal of food microbiology* 11(1):73-84.
- Tepe, B., D. Daferera, A. Sokmen, M. Sokmen ve M. Polissiou, 2005. Antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil and various extracts of *Salvia tomentosa* Miller (Lamiaceae). *Food chemistry* 90(3):333-340.
- Tepe, B., D. Daferera, M. Sökmen, M. Polissiou ve A. Sökmen, 2004. In vitro antimicrobial and antioxidant activities of the essential oils and various extracts of *Thymus eigii* M. Zohary et PH Davis. *Journal of agricultural and food chemistry* 52(5):1132-1137.
- Toldrá, F., 2006. The role of muscle enzymes in dry-cured meat products with different drying conditions. *Trends in Food Science & Technology* 17(4):164-168.
- Toldrá, F. ve M. Flores, 2000. The use of muscle enzymes as predictors of pork meat quality. *Food Chemistry* 69(4):387-395.
- Tsigarida, E., P. Skandamis ve G. J. Nychas, 2000. Behaviour of *Listeria monocytogenes* and autochthonous flora on meat stored under aerobic, vacuum and modified atmosphere packaging conditions with or without the presence of oregano essential oil at 5 C. *Journal of applied microbiology* 89(6):901-909.
- Ultee, A., M. Bennik ve R. Moezelaar, 2002. The phenolic hydroxyl group of carvacrol is essential for action against the food-borne pathogen *Bacillus cereus*. *Applied and environmental microbiology* 68(4):1561-1568.
- Üner, Y., H. Aksu ve Ö. Ergün, 2000. Baharatın çeşitli mikroorganizmalar üzerine etkileri. *İstanbul üniversitesi veteriner fakültesi dergisi* 26(1):1-10.
- Valenzuela, A. ve S. Nieto, 1996. Synthetic and natural antioxidants: food quality protectors. *Grasas y aceites* 47(3):186-196.
- Vanitha, M., K. Dhanapal ve G. Vidya Sagar Reddy, 2015. Quality changes in fish burger from Catla (*Catla Catla*) during refrigerated storage. *Journal of food science and technology* 52:1766-1771.
- Vasconcelos, H., J. M. de Almeida, A. Matias, C. Saraiva, P. A. Jorge ve L. C. Coelho, 2021. Detection of biogenic amines in several foods with different sample treatments: An overview. *Trends in Food Science & Technology* 113:86-96.
- Vatansever, L., 2004. Et ve et ürünlerinde biyogenik aminler. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 10(2):203-208.
- Vatansever, L., M. GÜLMEZ, O. Nebahat, A. GÜVEN ve O. Salih, 2008. Effects of sumac (*Rhus coriaria* L), oregano (*Oreganum vulgare* L.) and lactic acid on microbiological decontamination and shelf-life of raw broiler drumsticks. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 14(2).
- Veciana-Nogués, M., A. Mariné-Font ve M. Vidal-Carou, 1997. Biogenic amines as hygienic quality indicators of tuna. Relationships with microbial counts, ATP-related compounds, volatile amines, and organoleptic changes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45(6):2036-2041.
- Veenstra, J. P. ve J. J. Johnson, 2019. Oregano (*Origanum vulgare*) extract for food

- preservation and improvement in gastrointestinal health. *International journal of nutrition* 3(4):43.
- Veldhuizen, E. J., J. L. Tjeerdsma-van Bokhoven, C. Zweijter, S. A. Burt ve H. P. Haagsman, 2006. Structural requirements for the antimicrobial activity of carvacrol. *Journal of agricultural and Food Chemistry* 54(5):1874-1879.
- Verma, S. K., S. Biswas ve G. Patra, 2018. Tenderizing effect of Cucumis trigonus Roxb and Carica papaya on emu meat chunks. *Journal of Animal research* 8(2):195-203.
- Vinci, G. ve M. L. Antonelli, 2002. Biogenic amines: quality index of freshness in red and white meat. *Food control* 13(8):519-524.
- Visciano, P., M. Schirone ve A. Paparella, 2020. An overview of histamine and other biogenic amines in fish and fish products. *Foods* 9(12):1795.
- Vokou, D., S. Kokkini ve J. Bessiere, 1988. Origanum onites (Lamiaceae) in Greece: Distribution, volatile oil yield, and composition. *Economic Botany* 42:407-412.
- Wang, C., L. Zhu ve M. Brewer, 1997. Comparison of 2-thiobarbituric acid reactive substances determination methods in various types of frozen, fresh meat. *Journal of Food Lipids* 4(2):87-96.
- Wang, D., G. Hu, H. Wang, L. Wang, Y. Zhang, Y. Zou, L. Zhao, F. Liu ve Y. Jin, 2021. Effect of mixed starters on proteolysis and formation of biogenic amines in dry fermented mutton sausages. *Foods* 10(12):2939.
- Wang, J., J. Fang, L. Wei, Y. Zhang, H. Deng, Y. Guo, C. Hu ve Y. Meng, 2019. Decrease of microbial community diversity, biogenic amines formation, and lipid oxidation by phloretin in Atlantic salmon fillets. *Lwt* 101:419-426.
- Wang, L., X. Wang, P. Wang, Y. Xiao ve Q. Liu, 2016. Optimization of supercritical carbon dioxide extraction, physicochemical and cytotoxicity properties of Gynostemma pentaphyllum seed oil: A potential source of conjugated linolenic acids. *Separation and Purification Technology* 159:147-156.
- Wang, R., X. Pan ve Z. Peng, 2009. Effects of heat exposure on muscle oxidation and protein functionalities of pectoralis majors in broilers. *Poultry Science* 88(5):1078-1084.
- Wardy, W., F. K. Saalia, M. Steiner-Asiedu, A. S. Budu ve S. Sefa-Dedeh, 2009. A comparison of some physical, chemical and sensory attributes of three pineapple (Ananas comosus) varieties grown in Ghana.
- Warner, R. D., 2023. The eating quality of meat: IV—Water holding capacity and juiciness Lawrie's meat science. Elsevier, 457-508.
- Wendakoon, C. ve M. Sakaguchi, 1992. Effects of spices on growth of and biogenic amine formation by bacteria in fish muscle. *Developments in food science* 30.
- Wójcik, W., M. Łukasiewicz ve K. Puppel, 2021. Biogenic amines: formation, action and toxicity—a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 101(7):2634-2640.
- Wojtysiak, D. ve K. Połtowicz, 2006. Effect of storage on desmin degradation and physico-chemical properties of poultry breast meat.

- Wortberg, W. ve R. Woller, 1982. Quality and freshness of meat and meat products as related to their content of biogenic amines.[According to a lecture]. *Fleischwirtschaft*.
- Xia, X., B. Kong, J. Liu, X. Diao ve Q. Liu, 2012. Influence of different thawing methods on physicochemical changes and protein oxidation of porcine longissimus muscle. *LWT-Food Science and Technology* 46(1):280-286.
- Xu, J., F. Zhou, B. P. Ji, R. S. Pei ve N. Xu, 2008. The antibacterial mechanism of carvacrol and thymol against *Escherichia coli*. *Letters in applied microbiology* 47(3):174-179.
- Yassoralipour, A., J. Bakar, R. A. Rahman ve F. A. Bakar, 2012. Biogenic amines formation in barramundi (*Lates calcarifer*) fillets at 8 C kept in modified atmosphere packaging with varied CO₂ concentration. *LWT-Food Science and Technology* 48(1):142-146.
- Yosi, F., D. Wahyuni, M. L. Sari ve S. Sandi, 2018. The Physicochemical and Microbiological Qualities of Pegagan Duck Meat Preserved with Different Concentrations of Liquid Smoke and Storage Period. *Buletin Peternakan* 42(2):150-156.
- Yousefi, M., M. Rahimi-Nasrabadi, S. M. Pourmortazavi, M. Wysokowski, T. Jesionowski, H. Ehrlich ve S. Mirsadeghi, 2019. Supercritical fluid extraction of essential oils. *TrAC Trends in Analytical Chemistry* 118:182-193 doi:<https://doi.org/10.1016/j.trac.2019.05.038>.
- Zakipour Rahimabadi, E. ve M. Divband, 2012. The Effects of Coating and Zataria multiflora Boiss Essential Oil on Chemical Attributes of Silver Carp Fillet Stored at 4°C. *International Food Research Journal* 19(2).
- Zhang, W., S. Xiao, H. Samaraweera, E. J. Lee ve D. U. Ahn, 2010. Improving functional value of meat products. *Meat science* 86(1):15-31.
- Zhou, T., J. Wu, M. Zhang, W. Ke, K. Shan, D. Zhao ve C. Li, 2023. Effect of natural plant extracts on the quality of meat products: a meta-analysis. *Food Materials Research* 3(1).
- Zuknik, M. H., N. N. Norulaini, W. W. N. Dalila, N. R. Ali ve A. M. Omar, 2016. Solubility of virgin coconut oil in supercritical carbon dioxide. *Journal of food engineering* 168:240-244.

7. EKLER



EK-1. TDS’da bakteriler tarafından biyojen amin üretimi

Bakteriler	DOP	PUT	CAD	TRP	PHA	SPD	SPR	HIS	TYR	TOTL BA
<i>E. coli</i>	382.334±14.74 c	28.283±1.39 a	63.839±6.4 a	8.770±0.35 a	18.925±1.14 a	15.315±1.57 c	21.634±1.16 a	6.338±0.51 d	117.226±6.43 b	662.664±14.79 c
<i>K. pneumoniae</i>	470.846±12.85 b	16.901±1.25 c	66.056±3.21 a	1.980±0.08 d	2.436 ±0.04b	14.633±1.47 c	15.127±1.8 ab	61.342±4.56 a	28.461±2.82 c	677.784±18.11 b
<i>E. faecalis</i>	794.904±15.3 a	7.384±0.34 d	2.340±1.17 b	6.734±0.17 b	1.245±0.14 c	32.489±2.7 b	9.788±0.64 bc	25.793±1.01 b	273.212±14.91 a	1153.889±30.26 a
<i>P. aeruginosa</i>	129.816±4.4 d	23.687±1.38 b	3.853±0.47 b	1.638±0.11 d	0.000±0 d	36.435±2.52 a	18.463±1.49 a	16.550±1.69 c	10.430±1.46 c	240.872±12.98 d
<i>S. aureus</i>	88.096±4.49 d	0.859±0.04 e	0.000±0 b	4.341±0.19 c	0.000±0 d	3.297±0.22 d	7.745±0.55 c	9.485±0.52 cd	30.932±2.37 c	144.755±9.09 e

DOP: dopamin, PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHEN: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT BA: toplam biyojen aminler, BAI: biyojen amin indeksi.

EK-2. HDS’da bakteriler tarafından biyojen amin üretimi

Bakteriler	DOP	PUT	CAD	TRP	PHA	SPD	SPR	HIS	TYR	TOTL BA
<i>E. coli</i>	47.207±2.15 b	9.546±0.16 b	41.921±2.12 b	1.210±0.01 b	17.165±1.48 b	3.730±0.07 b	0.000±0 c	117.308±10.02 b	1.216±0.02 b	239.302±13.44 b
<i>K. pneumoniae</i>	58.085±3.65 a	10.496±0.02 b	61.423 a±3.66	12.581±0.89 a	68.265±4.79 a	8.731±0.17 ab	4.250±0 b	441.921±0.9 a	0.000±0 c	665.752±21.35 a
<i>E. faecalis</i>	12.957±2.24 d	13.222±0.97 a	11.426±0.86 c	2.928±0.36 b	9.721±0.62 c	21.180±9.57 a	7.044±0.84 a	46.940±3.04 d	6.209±0.2 a	131.626±11.91 d
<i>P. aeruginosa</i>	25.086±1.11 c	10.380±0.15 b	0.000±0 d	12.062±1.14 a	15.232±1.46 b	7.515±0.5 ab	7.659±1.85 a	26.375±2.35 e	0.000±0 c	104.309±7.95 e
<i>S. aureus</i>	20.448±0.79 c	1.838±0.15 c	10.043 c±0.23	0.000±0 b	3.574±0.51 d	5.151±0.13 b	5.381±1.27 ab	110.213±8.85 c	0.000±0 c	156.647±11.18 c

DOP: dopamin, PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHEN: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT BA: toplam biyojen aminler, BAI: biyojen amin indeksi

EK-3. ODS'da bakteriler tarafından biyojen amin üretimi

Bakteriler	DOP	PUT	CAD	TRP	PHA	SPD	SPR	HIS	TYR	TOTL BA
<i>E. coli</i>	28.165±1.29 b	781.171±14.01 a	11.971±0.84 b	18.633±0.05 a	0.000±0 d	0.000±0 c	0.000±0 b	5.385±0.4 a	0.000±0 c	845.325±1.84 a
<i>K. pneumoniae</i>	58.085±0.5 a	30.496±2.36 b	61.423±3.22 a	1.605±0.24 c	68.265±4.03 a	8.731±0.38 a	1.386±0 a	0.000±0 b	0.000±0 c	229.991±0.76 b
<i>E. faecalis</i>	19.038±0.04 c	10.766±0.29 c	0.000±0 c	0.592±0.13 d	9.102±0.56 b	2.008±0.1 b	0.000±0 b	0.000±0 b	3.918±0.19 b	45.424±0.44 c
<i>P. aeruginosa</i>	3.961±0.56 e	2.895±0.21 d	0.000±0 c	3.039±0.27 b	1.737±0.05 c	0.000±0 c	0.000±0 b	0.000±0 b	0.000±0 c	11.631±0.68 e
<i>S. aureus</i>	9.782±0.79 d	1.722±0.43 d	0.000±0 c	3.422±0.12 b	1.784±0.51 c	2.131 ±0.13 b	0.000±0 b	0.000±0 b	19.345±1.32 a	38.186±0.44 d

DOP: dopamin, PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHEN: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT BA: toplam biyojen aminler, BAI: biyojen amin indeksi

EK-4. LDS’da bakteriler tarafından biyojen amin üretimi

Bakteriler	DOP	PUT	CAD	TRP	PHA	SPD	SPR	HIS	TYR	TOTL BA
<i>E. coli</i>	55.080±6.8 a	0.000±0 c	946.424±20.87 a	0.000±0 c	35.352±1.25 a	0.000±0 c	0±0 a	0.000±0 b	0.000±0 b	1037.856±25.91 a
<i>K. pneumoniae</i>	32.704±1.96 b	0.685±0 b	529.809±17.02 b	0.000±0 c	33.543±2.23 a	1.284±0.37 b	0±0 a	0.000±0 b	0.000±0 b	598.024±12.55 b
<i>E. faecalis</i>	2.009±0.23 c	1.101±0.02 a	2.558±0.39 d	0.913±0.07 b	7.999±0.46 b	0.000±0 c	0±0 a	0.000±0 b	4.885±0.16 a	19.465±1.46 d
<i>P. aeruginosa</i>	7.287±1.02 c	0.000±0 c	59.030±0.85 c	0.000±0 c	4.271±0.57 c	0.000±0 c	0±0 a	7.831±0.13 a	0.000±0 b	78.419±2.39 c
<i>S. aureus</i>	10.143±0.42 c	0.000±0 c	2.787±0.92 d	1.061±0 a	2.228±0.09 c	3.129±0.14 a	0±0 a	0.000±0 b	0.000±0 b	19.347±1.45 d

DOP: dopamin, PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHEN: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT BA: toplam biyojen aminler, BAI: biyojen amin indeksi

EK-5. TDS’nda *E. coli* tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)

Özütler	Kon	DOP	PUT	CAD	TRP	PHEN	SPD	SPR	HIS	TYR	TOT BA
kontrol	0	382.33 ±5.74 a	28.28±1.39 c	63.83±6.4 e	8.77±0.95 e	18.92±1.74 d	15.31±1.57 e	21.63±2.16 c	6.33±0.51 g	117.22±7.43 a	662.66±22.79 a
Kekik	0.02	356.24±1.93 b	17.32±0.84 de	54.64±3.99 e	5.39±0.16 f	11.35±0.25 g	9.52±1.12 h	22.69±1.93 c	0.00±0 h	26.95±1.53 d	504.12±14.61 c
	0.1	191.32±1.58 ef	1.43±0.02 f	14.24±0.17 f	1.55±0.04 g	2.31±0.23 ij	2.33±0.12 i	26.68±2.43 b	36.82±1.11 c	66.43±0.14 b	343.15±13.69 i
	0.5	144.68±1.97 hi	1.03±0.02 f	8.01±0.11 fg	2.69±0.06 g	1.92±0.05 j	2.81±0.08 i	48.46±2.51 a	57.04±3.5 b	29.08±1.26 d	295.75±14.57 j
Kara B.	0.02	281.17±2.95 c	38.11±1.37 b	117.07±0.92 b	22.13±0.22 a	34.56±0.37 a	19.78±1.19 b	21.65±1.2 c	11.55±0.85 f	42.12±3.8 c	588.20±17.71 b
	0.1	187.44±1.29 fg	13.27±0.11 de	103.75±0.19 c	19.34±1.19 b	28.64±2.42 b	18.66±1.25 c	16.24±0.86 e	22.87±1.08 e	14.96±1.29 e	425.20±13.51 fg
	0.5	159.71±2.87 h	12.41±0.19 de	95.72±0.67 c	15.10±1.17 c	22.90±1.55 c	22.17±2.13 a	19.43±1.22 d	80.76±4.19 a	35.32±3.72 cd	463.55±16.26 de
Kırmızı B.	0.02	341.57±3.57 b	10.12±0.16 e	58.06±1.78 e	8.66±0.38 e	16.33±0.34 e	17.29±1.19 d	15.45±1.13 e	12.72±0.12 f	7.07±0.58 ef	487.32±12.33 cd
	0.1	278.69±2.15 c	14.19±1.21 de	57.50±4.53 e	7.65±4.18 e	13.77±1.11 f	13.34±1.23 f	13.69±0.89 f	36.26±0.32 c	8.69±0.6 e	443.81±13.46 ef
	0.5	209.05±2.02 d	17.60±1.26 d	79.55±5.23 d	10.43±4.19 d	18.11±1.55 d	19.57±1.25 bc	14.43±1.15 f	34.94±2.08 c	11.56±0.54 e	415.26±15.34 g
Kimyon	0.02	138.71±1.56 i	47.46±8.39 a	128.62±6.17 a	5.61±0.18 f	9.66±0.15 h	10.89±1.3 g	7.96±0.4 g	20.97±2.38 e	10.67±1.5 e	380.57±19.03 h
	0.1	206.50±4.77 de	1.65±0.03 f	1.21±0.53 g	0.00±0 h	2.33±0.29 ij	0.00±0 j	5.50±0.31 h	30.14±1.91 d	0.00±0 f	247.36±15.18 k
	0.5	175.08±6.84 g	1.23±0.25 f	1.61±0.02 g	0.00±0 h	3.54±0.37 i	0.00±0 j	3.51±0.06 i	82.15±3.5 a	0.00±0 f	267.14±16.42 k

Kon: konsantrasyon, DOP: dopamin, PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHEN: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT BA’ler: toplam biyojen aminler, BAI: biyojen amin indeksi. Tablodaki sayılar ortalamayı ve standart hatayı temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$)

EK-6. TDS’nda *S. aureus* tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)

Özütler	Kon	DOP	PUT	CAD	TRP	PHEN	SPD	SPR	HIS	TYR	TOT BA
kontrol	0	88.09±3.42 bc	0.85±0.05 c	0.000±0 b	4.34±0.28 cd	1.20±0.1 a	3.29±0.27 e	7.74±3.8 bc	9.48±0.56 cd	30.93±3.82 a	144.75±6.61 cde
Kekik	0.02	84.33±1.93 c	1.60±0.06 c	0.000±0 b	2.71±0.18 defg	0.00±0.00 b	2.39±0.13 e	11.51±0.02 bc	6.97±0.46 de	5.84±0.58 ef	115.37±9.21 def
	0.1	38.72±0.92 f	0.00±0.00 c	0.000±0 b	2.97±0.22 cdef	0.00±0.00 b	4.12±0.35 e	24.41±2.04 b	6.00±0.43 e	5.96±0.51 ef	82.20±4.57 ef
	0.5	16.68±0.34 g	0.00±0.00 c	0.000±0 b	1.74±0.11 fgh	0.00±0.00 b	2.68±0.28 e	53.05±4.06 a	4.69±0.37 e	14.83±1.65 c	93.70±5.69 ef
Kara B.	0.02	74.17±0.61 d	0.00±0.00 c	1.511±0.18 b	4.50±0.21 c	0.00±0.00 b	11.32±1.32 b	5.60±0.39 bc	97.39±5.48 a	23.83±1.52 b	218.34±13.46 ab
	0.1	8.17±0.41 h	0.00±0.00 c	2.711±0.13 b	14.50±0.7 b	0.00±0.00 b	4.32±0.32 e	13.16±1.77 bc	18.35±1.76 b	11.24±0.92 cde	72.47±3.3 f
	0.5	3.88±0.81 h	14.25±1.32 b	4.448±0.38 b	24.73±1.2 a	0.00±0.00 b	2.46±0.18 e	7.22±0.29 bc	12.33±1.39 c	14.09±0.14 cd	83.43±6.17 ef
Kırmızı B.	0.02	93.87±4.17 ab	0.00±0.00 c	129.779±9.66 a	1.28±0.1 gh	0.00±0.00 b	11.36±0.89 b	12.05±1.11 bc	0.00±0.00 f	6.76±0.46 ef	255.12±12.95 a
	0.1	47.61±2.73 e	0.00±0.00 c	124.244±11.63 a	0.22±0 h	0.00±0.00 b	9.27±0.79 c	6.71±0.48 bc	0.00±0.00 f	4.11±0.38 f	192.18±11.34 abc
	0.5	54.46±2.52 e	0.00±0.00 c	91.014±5.14 a	1.48±0.07 fgh	0.00±0.00 b	13.36±1.29 a	10.57±0.85 bc	0.00±0.00 f	7.31±0.62 ef	178.22±12.76 bcd
Kimyon	0.02	97.09±6.95 a	0.00±0.00 c	0.000±0 b	3.51±0.21 cde	0.00±0.00 b	6.61±0.21 d	5.54±0.43 bc	0.00±0.00 f	4.13±0.21 f	116.90±7.03 def
	0.1	70.63±4.15 d	36.86±3.60 a	0.000±0 b	1.50±0.09 fgh	0.00±0.00 b	6.97±0.58 d	3.71±0.23 c	0.00±0.00 f	4.40±0.3 f	124.10±7.45 def
	0.5	33.97±2.11 f	3.24±0.16 c	0.000±0 b	2.29±0.12 efg	0.00±0.00 b	9.19±0.81 c	3.19±0.39 c	5.67±0.48 e	8.44±0.77 def	66.02±5.71 f

Kon: konsantrasyon, DOP: dopamin, PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHEN: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT BA’ler: toplam biyojen aminler, BAI: biyojen amin indeksi. Tablodaki sayılar ortalamayı ve standart hatayı temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$)

EK-7. TDS’nda *E. faecalis* tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)

Özütler	Kon	DOP	PUT	CAD	TRP	PHEN	SPD	SPR	HIS	TYR	TOT BA
kontrol	0	794.90±30.6 a	7.38±0.34 b	2.34±0.17 def	6.73±0.37 b	1.24±0.14 e	32.48±2.7 a	9.78±0.84 cd	25.79±2.01 a	273.21±20.91 b	1153.88±12.06 a
Kekik	0.02	164.72±7.89 d	1.68±0.17 de	0.86±0.04 efg	2.56±0.16 e	1.13±0.05 e	0.93±0.01 fg	6.34±0.54 e	8.96±0.47 f	296.65±12.4 b	483.87±9.27 c
	0.1	193.02±12.22 d	1.70±0.11 de	1.05±0.09 ef	2.81±0.17 de	1.10±0.11 e	1.79±0.12 def	12.45±1.34 b	17.88±0.1.2 cd	12.69±0.64 e	244.52±16.8 f
	0.5	73.08±5.75 f	0.93±0.05 e	0.61±0.04 fg	2.59±1.04 e	2.48±0.24 b	0.00±0.00 g	10.37±0.61 c	16.93±1.29 d	17.12±1.69 e	124.14±7.31 h
Kara B.	0.02	95.18±7.63 ef	1.04±0.08 e	0.00±0.00 g	3.92±0.16 cd	2.32±0.13 bc	1.96±0.11 def	5.34±0.19 e	10.97±1.63 e	123.38±11.27 c	244.14±11.19 f
	0.1	102.41±9.63 ef	2.82±0.11 cd	0.00±0.00 g	3.87±0.14 cd	1.73±0.11 cde	1.57±0.13 ef	8.22±0.63 d	18.89±1.36 bc	149.18±9.24 c	288.72±15.11 e
	0.5	110.36±9.04 e	2.83 ±0.15 cd	2.72±0.07 de	1.88±0.58 ef	1.61±0.12 de	1.78±0.14 def	9.15±0.53 cd	19.93±1.53 b	136.56±12.81 c	286.86±13.88 e
Kırmızı B.	0.02	226.39±16.45 c	1.51±0.08 de	13.54±0.28 b	13.39±1.01 a	3.57±0.2 a	2.82±0.17 cd	15.01±1.22 a	0.00±0.00 h	64.87±4.16 d	341.13±18.51 d
	0.1	188.15±13.19 d	1.91±0.13 de	4.98±0.25 c	0.92±0.06 fg	2.49±0.18 b	2.71±0.21 cde	9.27 ±0.81 cd	0.00±0.00 h	69.08±3.55 d	279.54±12.97 e
	0.5	120.53±8.82 e	1.15±0.08 e	17.62±0.98 a	4.04±0.19 c	2.21±0.17 bcd	3.83±0.12 c	10.38±1.48 c	0.00±0.00 h	7.21±0.38 e	166.99±14.64 g
Kimyon	0.02	539.28±21.46 b	4.04±0.34 c	3.61±0.18 cd	5.61±0.37 b	0.00±0.00 f	22.27±2.24 b	5.34±0.24 e	0.00±0.00 h	385.22±22.4 a	965.41±24.48 b
	0.1	110.05±9.29 e	6.56±0.49 b	1.33±0.06 efg	1.72±0.05 ef	0.00±0.00 f	3.83±0.15 c	3.71±0.2 f	0.00±0.00 h	25.93±2.64 e	153.15±2.22 g
	0.5	102.37±7.69 ef	21.57±1.26 a	0.00±0.00 g	0.00±0.00 g	0.00±0.00 f	0.00±0.00 g	2.63±0.21 f	4.60±0.2 g	23.22±2.3 e	154.41±0.86 g

Kon: konsantrasyon, DOP: dopamin, PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHEN: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT BA’ler: toplam biyojen aminler, BAI: biyojen amin indeksi. Tablodaki sayılar ortalamayı ve standart hatayı temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$)

EK-8. TDS’nda *P. aeruginosa* tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)

Özütler	Kon	DOP	PUT	CAD	TRP	PHEN	SPD	SPR	HIS	TYR	TOT BA
kontrol	0	129.81±11.69 a	23.68±1.38 cd	3.85±0.47 cd	1.63±0.13 g	1.33±0.33 a	36.43±2.52 a	18.46±1.49 d	16.55±1.69 c	10.43±1.46 d	242.20±12.22 ab
Kekik	0.02	85.95±4.64 bc	2.12±0.17 f	5.57±0.44 c	1.64±0.64 g	0.00±0.00 b	24.75±1.45 c	17.25±1.07 d	6.43±0.64 d	16.59±0.96 c	160.33±13.66 ef
	0.1	76.57±3.36 cd	1.28±0.12 f	1.14±0.09 cd	4.13±0.36 f	0.00±0.00 b	9.36±0.2 g	31.80±2.03 b	24.16±2.28 b	35.87±2.59 a	184.36±13.38 de
	0.5	43.08±3.13 f	1.78±0.07 f	0.00±0.00 d	1.88±0.13 g	0.00±0.00 b	13.24±1.33 f	47.17±3.05 a	5.82±0.67 d	22.34±2.01 b	135.34±10.62 fg
Kara B.	0.02	53.45±3.84 ef	23.68±2.1 cd	3.19±0.26 cd	1.38±0.14 g	0.00±0.00 b	16.31±1.36 e	12.15±1.52 e	15.08±1.04 c	8.21±0.55 de	133.47±11.62 fg
	0.1	40.98±2.11 f	20.26±1.35 cd	2.04±0.14 cd	7.13±0.41 e	0.00±0.00 b	3.13±0.15 h	10.24±1.4 e	16.96±1.22 c	7.22±0.36 def	107.99±9.13 g
	0.5	50.67±3.4 ef	26.37±2.29 c	2.99±0.17 cd	13.27±1.4 d	0.00±0.00 b	4.15±0.12 h	16.67±1.59 d	153.47±13.73 a	9.76±1.08 d	277.39±12.66 a
Kırmızı B.	0.02	94.45±5.35 b	34.71±2.32 b	0.00±0.00 d	36.03±2.35 b	0.00±0.00 b	13.12±1.21 f	11.01±1.14 e	5.52±0.25 d	7.20±0.62 def	202.06±17.68 cd
	0.1	87.07±5.65 bc	40.68±3.68 ab	0.00±0.00 d	24.44±1.65 c	0.00±0.00 b	18.23±1.18 e	16.82±1.01 d	16.22±1.2 c	7.63±0.71 def	211.11±13.1 bc
	0.5	73.08±4.13 cd	44.32±2.32 a	0.00±0.00 d	44.15±3.13 a	0.00±0.00 b	28.50±2.17 b	22.48±2.07 c	3.62±0.28 d	8.67±0.59 d	224.86±16.49 bc
Kimyon	0.02	91.96±6.65 b	10.28±1.10 e	24.23±1.43 b	1.44±0.15 g	0.00±0.00 b	20.96±2.08 d	3.05±2.84 f	15.82±1.68 c	3.86±0.22 efg	156.30±13.47 ef
	0.1	64.09±4.25 de	20.00±1.64 cd	38.35±3.69 a	0.77±0.05 g	0.00±0.00 b	8.14±0.43 g	4.69±3.07 f	12.32±0.82 c	2.38±0.32 g	140.08±11.58 fg
	0.5	53.71±3.47 ef	16.78±1.12 de	0.00±0.00 d	0.00±0.00 g	0.00±0.00 b	16.38±1.32 e	3.13±0.24 f	26.44±1.74 b	3.08±0.24 fg	110.59±9.1 g

Kon: konsantrasyon, DOP: dopamin, PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHEN: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT BA’ler: toplam biyojen aminler, BAI: biyojen amin indeksi. Tablodaki sayılar ortalamayı ve standart hatayı temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$)

EK-9. TDS’nda *K. pneumoniae* tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)

Özütler	Kon	DOP	PUT	CAD	TRP	PHEN	SPD	SPR	HIS	TYR	TOT BA
kontrol	0	470.84±26.73 a	16.90±0.94 cd	66.05±3.04 f	1.98±0.09 a	2.43±0.16 a	14.63±1.22 a	15.12±2.55 c	61.34±4.52 a	28.46±2.37 c	677.78±22.56 a
Kekik	0.02	258.04±11.9 d	13.85±1.31 de	165.98±10.86 a	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	0.00±0.00 d	14.67±1.18 c	8.82±0.82 b	8.99±0.41 fg	470.37±26.32 c
	0.1	134.64±11.79 g	10.68±0.96 efg	13.51±10.16 h	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	0.00±0.00 d	28.95±2.16 b	53.29±4.43 a	88.47±5.33 b	329.57±12.3 g
	0.5	54.61±4.44 i	33.56±2.78 a	13.94±10.22 h	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	0.00±0.00 d	44.67±2.57 a	57.47±3.7 a	103.83±10.57 a	308.09±13.57 h
Kara B.	0.02	351.33±15.86 b	8.72±0.84 fg	85.24±7.74 e	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	6.89±0.64 b	6.79±0.54 de	0.00±0.00 c	12.39±0.93	471.38±13.32 c
	0.1	216.48±12.43 e	7.19±0.64 g	104.89±12.25 d	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	7.49±0.41 b	6.87±0.41 de	0.00±0.00 c	13.33±0.47 d	356.26±14.14 f
	0.5	272.87±10.65 c	10.10±0.84 fg	89.33±6.5 e	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	14.51±1.2 a	13.57±1.25 c	0.00±0.00 c	11.38±1.19 def	411.78±16.66 d
Kırmızı B.	0.02	351.33±15.86 b	22.74±1.22 b	149.00±12.33 b	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	7.75±0.52 b	16.37±1.03 c	56.81±5.06 a	10.15±0.87 ef	614.17±29.43 b
	0.1	216.48±12.43 e	18.16±1.4 c	129.86±8.54 c	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	1.28±0.08 d	11.94±1.01 cd	7.14±0.42 bc	6.15±0.22 h	391.03±25.44 e
	0.5	272.87±10.65 c	11.92±0.92 ef	83.42±6.34 e	1.53±0.05 b	0.00±0.00 b	0.00±0.00 d	6.45±0.55 de	0.00±0.00 c	7.10±0.48 gh	383.30±21.64 e
Kimyon	0.02	277.93±18.95 c	9.32±0.92 fg	91.30±8.01 de	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	13.26±1.29 a	4.11±0.29 e	11.91±1.08 b	6.44±0.3 h	414.31±24.38
	0.1	167.63±15.89 f	0.00±0.00 h	38.39±2.58 g	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	3.81±0.1 c	3.76±0.29 e	9.32±0.32 b	5.41±0.33 h	228.34±16.13 i
	0.5	81.56±5.52 h	0.000±0 .00h	19.99±1.84 h	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	0.00±0.00 d	11.34±0.85 cd	10.52±0.84 b	12.04±1.05 de	135.47±12.37 j

Kon: konsantrasyon, DOP: dopamin, PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHEN: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT BA’ler: toplam biyojen aminler, BAI: biyojen amin indeksi. Tablodaki sayılar ortalamayı ve standart hatayı temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$)

EK-10. HDS’nda *E. coli* tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)

Özütler	Kon.	DOP	PUT	CAD	TRP	PHEN	SPD	SPR	HIS	TYR	TOTL BA
kontrol	0	47.20±2.15 e	9.54±0.66 b	41.92±3.12 ab	1.21±0.01 b	17.16±1.48 ab	3.73±0.17 b	0.00±0.00 f	117.30±9.02 c	1.21±0.02 d	239.30±12.44 c
Kekik	0.02	37.67±2.2 fl	5.28±0.43 d	4.34±0.29 cd	0.00±0.00 c	20.09±1.16 a	3.55±0.18 bc	6.72±0.42 d	63.02±5.31 d	0.00±0.00 d	140.69±8.78 f
	0.1	17.54±0.65 i	5.27±0.16 d	4.98±0.21 cd	0.00±0.00 c	6.78±0.19 e	2.78±0.08 d	21.77±1.5 c	213.36±13.04 a	0.00±0.00 d	272.50±11.82 b
	0.5	6.38±0.12 j	5.17±0.41 d	0.00±0.00 d	36.18±2.67 a	11.47±0.79 cd	33.21±2.29 a	123.59±12.12 a	123.59±12.12 b	0.00±0.00 d	339.67±14.44 a
Kara B.	0.02	83.77±6.95 b	0.00±0.00 f	49.39±3.78 a	0.00±0.00 c	10.79±1.34 cd	1.76±0.11 f	2.25±0.14 f	18.91±1.09 h	0.00±0.00 d	166.89±12.72 e
	0.1	77.39±5.16 c	0.00±0.00 f	50.34±3.26 a	0.00±0.00 c	20.34±1.48 a	0.00±0.00 g	0.00±0.00 f	65.57±4.52 d	0.00±0.00 d	213.66±12.86 d
	0.5	95.36±5.53 a	0.00±0.00 f	38.09±3.11 ab	0.00±0.00 c	13.53±1.8 bc	2.59±0.03 de	0.00±0.00 f	22.79±2.54 g	0.00±0.00 d	175.24±10.73 e
Kırmızı B.	0.02	60.19±4.91 d	0.00±0.00 f	39.29±3.69 ab	0.00±0.00 c	5.85±0.82 ef	2.17±0.13 ef	4.51±0.28 e	0.00±0.00 j	0.00±0.00 d	112.03±7.64 g
	0.1	42.59±3.89 ef	10.86±0.72 a	49.87±3.65 a	0.00±0.00 c	2.97±0.15 fg	2.008±0.12 f	0.00±0.00 f	0.00±0.00 j	0.00±0.00 d	108.31±8.89 g
	0.5	31.51±2.49 g	7.73±0.46 c	50.73±4.25 a	0.00±0.00 c	10.74±0.83 cd	3.12±0.17 cd	0.00±0.00 f	18.44±1.28 h	0.00±0.00 d	122.29±8.23 g
Kimyon	0.02	83.54±6.84 b	2.05±0.25 e	33.94±2.86 b	0.00±0.00 c	7.91±0.38 de	0.00±0.00 g	0.00±0.00 f	37.51±2.29 e	0.00±0.00 d	164.96±10.38 e
	0.1	25.03±2.11 h	1.25±0.02 e	14.70±1.27 c	0.00±0.00 c	0.00±0.00 g	0.00±0.00 g	0.00±0.00 f	26.60±1.42 f	9.17±0.83 b	76.77±4.49 h
	0.5	17.98±0.92 i	0.00±0.00 f	50.67±4.04 a	0.00±0.00 c	0.00±0.00 g	0.00±0.00 g	25.43±1.54 b	7.57±0.54 i	20.83±1.96 a	122.50±8.24 g

Kon: konsantrasyon, DOP: dopamin, PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHEN: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT BA’ler: toplam biyojen aminler, BAI: biyojen amin indeksi. Tablodaki sayılar ortalamayı ve standart hatayı temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$)

EK-11. HDS’nda *S. aureus* tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)

Özütler	Kon	DOP	PUT	CAD	TRP	PHEN	SPD	SPR	HIS	TYR	TOT BA
kontrol	0	20.44±1.65 ab	1.83±0.12 f	10.04±0.96 a	0.00±0.00 f	3.57±0.29 bcd	5.15±0.47 bc	5.38±0.51 e	110.21±9.9 b	0.00±0.00 d	156.64±13.35 b
Kekik	0.02	11.91d±1.04 bc	0.00±0.00 h	9.06±0.77 a	30.73±2.15 a	3.71 ±0.25 bcd	11.73±0.79 a	9.79±0.8 c	52.76±3.58 c	0.00±0.00 d	129.72±12.39 d
	0.1	17.01±1.06 abcd	7.11±0.44 b	0.00±0.00 e	18.21±1.31 b	5.19±0.46 bc	5.00±0.38 bc	18.24±1.33 b	33.71±2.15 d	0.00±0.00 d	104.49±9.27 e
	0.5	7.21±0.15 d	7.27±0.42 b	7.53±0.61 b	16.47±1.22 c	4.14±0.31 bcd	5.56±0.23 b	42.14±2.57 a	22.85±1.87 e	30.16±2.84 a	143.36±10.96 c
Kara B.	0.02	9.81±1.11 cd	4.82±0.32 c	7.33±0.56 b	0.00±0.00 f	0.00±0.00 e	0.00±0.00 e	5.26±0.39 e	0.00±0.00 i	1.29±0.09 c	28.53±2.19 i
	0.1	9.71±0.95 cd	0.37±0.06 g	4.76±0.31 c	0.00±0.00 f	2.44±0.23 cde	4.24±0.31 bcd	1.89±0.16 g	15.45±1.16 f	0.00±0.00 d	38.90±3.36 hi
	0.5	8.51±0.87 cd	4.63±0.35 c	0.47±0.31 de	0.00±0.00 f	1.86±0.11 de	0.00±0.00 e	0.00±0.00 i	17.46±1.72 f	10.38±0.83 b	43.34±2.86 gh
Kırmızı B.	0.02	18.45±1.04 abc	0.00±0.00 h	6.79±0.53 b	16.23 ±1.21 c	0.00±0.00 e	0.00±0.00 e	7.37±0.46 d	0.00±0.00 i	0.00±0.00 d	48.86±3.9 fgh
	0.1	12.53±1.11 bcd	0.00±0.00 h	5.63±0.49 c	6.31±0.04 e	0.00±0.00 e	0.00±0.00 e	4.09±0.19 f	0.00±0.00 i	0.00±0.00 d	28.57±2.96 i
	0.5	21.93±2.04 ab	7.83±0.41 a	1.33±0.25 d	8.26±0.62 d	3.84±0.25 bcd	0.00±0.00 e	4.45±0.22 f	4.53±0.25 h	0.00±0.00 d	52.19±4.71 fg
Kimyon	0.02	25.15 a±1.17	2.32±0.18 e	0.00±0.00 e	0.00±0.00 f	5.58±0.44 bc	1.29±0.11 de	0.00±0.00 i	21.02±1.46 e	0.00±0.00 d	55.38±3.13 f
	0.1	13.41±1.17 bcd	4.01±0.23 d	0.00±0.00 e	0.00±0.00 f	6.15±0.42 b	1.98±0.11 cde	0.80±0.01 h	11.89±0.87 g	0.00±0.00 d	38.25±2.12 hi
	0.5	13.75±1.07 bcd	2.61±0.11 e	0.00±0.00 e	0.00±0.00 f	14.06±1.4 a	3.53±0.31 bcd	2.41±0.18 g	132.29±11.96 a	0.00±0.00 d	168.67±12.56 a

Kon: konsantrasyon, DOP: dopamin, PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHEN: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT BA’ler: toplam biyojen aminler, BAI: biyojen amin indeksi. Tablodaki sayılar ortalamayı ve standart hatayı temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$)

EK-12. HDS’nda *E. faecales* tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)

Özütler	Kon	DOP	PUT	CAD	TRP	PHEN	SPD	SPR	HIS	TYR	TOT BA
kontrol	0	12.95±0.94 d	13.22±0.97 a	11.42±0.86 c	2.92±0.36 d	9.72±0.62 b	21.18±2.57 a	7.04±0.84 bc	46.94±3.04 b	6.209±0.25 a	131.62±13.91 ab
Kekik	0.02	9.67±0.74 de	12.02±0.39 ab	0.00±0.00 g	1.39±0.09 f	2.06±0.21 cd	2.60±0.15 b	1.38±0.09 fg	0.00±0.00 h	3.88±0.21 c	33.04±3.08 g
	0.1	8.15±0.35 e	9.89±0.85 cd	0.00±0.00 g	3.32±0.28 d	2.86±0.19 cd	2.71±0.16 b	2.83±0.13 ef	0.00±0.00 h	3.39±0.28 c	33.17±3.22 g
	0.5	24.13±2.15 c	10.37±1.05 cd	0.00±0.00 g	3.06±0.23 d	2.60±0.21 cd	4.42±0.33 b	8.26±0.43 b	0.00±0.00 h	3.53±0.35 c	56.40±3.98 ef
Kara B.	0.02	7.68±0.54 e	11.28±1.07 bc	8.49±0.21 d	9.82±0.71 a	2.19±0.25 cd	2.14±0.14 b	21.00±1.96 a	44.17±2.17 c	6.24±0.46 a	113.05±9.79 bc
	0.1	5.98±0.35 e	9.28±0.72 d	6.63±0.2 e	3.89±0.22 c	3.05±0.39 cd	2.06±0.16 b	5.18±0.43 cd	37.04±0.03 d	4.96±0.33 b	78.10±4.33 de
	0.5	6.49±0.52 e	10.91±0.91 bc	14.36±0.23 b	4.75±0.11 b	2.40±0.12 cd	2.25±0.12 b	8.39±0.78 b	46.85±3.57 b	5.04±0.49 b	101.47±10.01 c
Kırmızı B.	0.02	0.96±0.08 f	5.54±0.44 e	11.02±0.99 c	2.27±0.17 e	0.00±0.00 d	5.76±0.41 b	4.03±0.21 de	33.90±2.12 e	5.83±0.36 a	69.32±3.8 def
	0.1	0.74±0.34 f	3.40±0.22 f	5.99±0.08 ef	1.42±0.11 f	0.00±0.00 d	1.10±0.08 b	0.00±0.00 g	32.51±3.44 e	3.77±0.21 c	48.96±3.62 fg
	0.5	5.84±0.69 e	5.99±0.32 e	17.39±1.15 a	1.21±0.09 f	0.00±0.00 d	1.27±0.09 b	0.00±0.00 g	57.07±4.97 a	2.40±0.19 d	91.18±8.04 cd
Kimyon	0.02	24.73±2.14 c	3.68±0.18 f	5.16±0.31 f	0.00±0.00 g	4.19±0.35 c	3.49±0.15 b	0.00±0.00 g	5.92±0.38 g	2.22±0.16 d	49.42 fg±3.22
	0.1	61.34±5.74 b	4.89±0.34 ef	0.00±0.00 g	0.00±0.00 g	13.99±0.96 a	4.65±0.14 b	0.00±0.00 g	47.70±3.72 b	0.00±0.00 e	132.58±12.01 ab
	0.5	115.06±11.67 a	4.59±0.28 ef	0.00±0.00 g	0.00±0.00 g	4.84±0.24 c	4.90±0.62 b	0.00±0.00 g	13.92±0.48 f	0.00±0.00 e	143.32±11.72 a

Kon: konsantrasyon, DOP: dopamin, PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHEN: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT BA’ler: toplam biyojen aminler, BAI: biyojen amin indeksi. Tablodaki sayılar ortalamayı ve standart hatayı temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$)

EK-13. HDS’nda *P. aeruginosa* tarafından oluşan biyogen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)

Özütler	Kon	DOP	PUT	CAD	TRP	PHEN	SPD	SPR	HIS	TYR	TOT BA
kontrol	0	25.08±1.11 ef	10.38±0.15 _c	0.00±0.00 d	12.06±1.14 _{ab}	15.23±0.96 b	7.51±0.5 a	7.65±1.85 b	26.37±0.35 _{fg}	0.00±0.00 _d	104.30±3.95 f
Kekik	0.02	8.73±2.53 i	15.08±0.03 _a	0.00±0.00 d	0.00±0.00 f	26.93±2.48 a	0.00±0.00 f	7.24±2.46 b	6.98±0.2 gh	0.00±0.00 _d	64.97±4.32 g
	0.1	23.59±2.04 f	11.33±0.83 _b	0.00±0.00 d	0.00±0.00 f	8.26±0.41 _{bcd}	0.00±0.00 f	3.68±0.25 bc	0.00±0.00 h	0.00±0.00 _d	46.87±4.45 g
	0.5	10.28±0.85 hi	7.81±0.33 d	0.81±0.03 b	0.00±0.00 f	3.78±0.23 de	0.00±0.00 f	27.00±2.48 a	4.76±0.15 gh	0.00±0.00 _d	54.46±8.42 g
Kara B.	0.02	61.73±2.9 c	0.37±0.02 h	2.81±0.23 a	3.47±0.44 e	3.24±0.3 de	4.11±0.32 c	0.00±0.00 c	33.10±2.72 f	4.14±0.3 a	113.00±11.8 f
	0.1	95.32±7.29 a	3.28±0.19 f	0.47±0.17 c	8.52±0.77 cd	0.00±0.00 e	3.44±0.02 _{cd}	0.00±0.00 c	35.70±2.9 fl	0.00±0.00 _d	146.75±11.31 _e
	0.5	85.45±6.77 b	3.18±0.17 f	0.00±0.00 d	4.33±0.22 e	4.58±0.4 de	2.02±0.16 e	2.39±0.17 bc	116.17±9.73 _d	0.00±0.00 _d	218.15±13.52 _d
Kırmızı B.	0.02	31.36±2.29 de	3.26±0.18 f	0.00±0.00 d	9.10±0.93 _{bcd}	10.55±1.44 _{bcd}	3.34±0.18 _{cd}	3.56±0.14 bc	210.62±11.62 _c	0.00±0.00 _d	271.83±16.40 _c
	0.1	21.930±2.05 _{fg}	2.66±0.19 g	0.00±0.00 d	9.25±0.49 _{bcd}	25.67±2.16 a	5.00±0.39 b	7.98±0.51 b	299.43±13.23 _b	2.39±0.03 _c	374.32±18.18 _b
	0.5	34.92±3.01 d	2.38±0.12 g	0.00±0.00 d	11.04±1.8 _{abc}	13.66±0.94 _{bc}	3.68±0.21 c	5.42±0.21 bc	420.12±11.2 _a	2.67±0.15 _b	493.93±17.02 _a
Kimyon	0.02	28.48±2.08 _{def}	2.67±0.14 g	0.00±0.00 d	11.51±1.14 _{abc}	0.00±0.00 e	0.00±0.00 f	0.31±0.01 c	8.82±0.76 gh	0.00±0.00 _d	51.81±4.2 g
	0.1	16.35±1.51 gh	2.51±0.11 g	0.00±0.00 d	7.64±0.46 d	7.13±0.21 _{bcd}	0.00±0.00 f	1.64±0.11 c	129.69±8.19 _d	0.00±0.00 _d	164.98±8.73 e
	0.5	12.00±0.99 hi	3.76±0.15 e	0.46±0.21 c	12.71±1.75 a	6.29±0.37 _{cde}	2.65±0.13 _{de}	4.78±0.23 bc	66.19±2.42 e	0.00±0.00 _d	108.89±10.82 _f

Kon: konsantrasyon, DOP: dopamin, PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHEN: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT BA’ler: toplam biyogen aminler, BAI: biyogen amin indeksi. Tablodaki sayılar ortalamayı ve standart hatayı temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$)

EK-14. HDS’nda *K. pneumoniae* tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)

Özütler	Kon	DOP	PUT	CAD	TRP	PHEN	SPD	SPR	HIS	TYR	TOT BA
kontrol	0	58.08±0.79 e	10.49±0.15 _a	61.42±0.23 c	12.58±2.83 d	68.26±5.51 a	8.73±0.43 b	4.25±1.27 _{def}	441.92±11.85 _b	0.00±0.00 _b	665.75±24.18 b
Kekik	0.02	39.28±5.68 fg	0.37±0 e	17.19±0.14 h	21.937±0.21 _b	2.76±0.13 h	3.41±0.25 _{fg}	6.79±0.54 _{bcd}	435.32±21.27 _b	0.00±0.00 _b	527.08±26.84 c
	0.1	24.35±1.86 h	7.31±0.56 c	3.96±0.14 i	0.000±0.00 f	5.31±0.41 gh	3.67±0.22 _{ef}	8.26±0.20 bc	112.62±10.81 _g	0.00±0.00 _b	165.51±11.38 k
	0.5	46.87±3.09 ef	9.42±0.77 _{ab}	3.76±0.16 ij	0.000±0.00 f	18.14±1.64 e	10.65±0.25 _a	26.04±1.33 a	161.44±13.5 _{ef}	0.00±0.00 _b	276.36±11.6 i
Kara B.	0.02	58.44±4.44 e	0.81±0.03 e	47.34±3.54 e	12.424±1.44 _d	37.31±2.98 b	6.07±0.53 c	4.78±.52 _{cdef}	255.84±16.08 _d	0.00±0.00 _b	423.04±11.93 _{de}
	0.1	46.29±5.59 ef	1.00±0.08 e	51.71±3.38 d	21.393±1.41 _b	31.94±3.65 c	5.86±0.34 c	8.71±.47 b	249.38±13.49 _d	0.00±0.00 _b	416.31±22.63 e
	0.5	101.78±12.14 _c	3.92±0.33 d	39.30±3.47 f	8.576±0.88 _d	26.23±2.26 d	6.08±0.3.2 c	3.84±0.40 _{def}	134.13±12.97 _{fg}	0.00±0.00 _b	323.88±11.33 h
Kırmızı B.	0.02	72.22±5.61 d	0.75±0.01 e	47.67±3.5 e	28.327±3.55 _a	37.13±2.09 b	5.05±0.24 d	7.22±0.47 _{bcd}	842.97±38.17 _a	0.00±0.00 _b	1041.36±48.66 _a
	0.1	31.186±2.54 _{gh}	2.05±0.21 _{de}	81.98±6.37 a	4.435±0.22 _{ef}	8.51±0.72 fg	4.34±0.02 e	0.00±0.00 g	323.07±12.73 _c	0.00±0.00 _b	455.58±17.67 d
	0.5	36.269±2.29 _{fgh}	7.81±0.59 _{bc}	71.33±5.03 b	9.108±0.52 _{de}	10.89±1.05 f	5.80±0.23 c	5.52±0.46 _{bcd}	241.45±10.89 _d	3.135±0.17 _a	391.34±13.63 _{ef}
Kimyon	0.02	128.443±9.05 _b	2.30±0.15 _{de}	18.71±1.56 g	8.317±0.49 _{de}	10.65±0.56 f	3.70±0.14 _{ef}	2.42±0.22 _{efg}	187.56±13.58 _e	0.00±0.00 _b	362.13±14.42 _{fg}
	0.1	146.484±11.52 _a	1.97±0.14 e	2.62±0.11 ij	19.243±2.03 _{bc}	9.87±1.24 fg	2.81±0.15 g	3.31±0.21 _{defg}	160.36±10.93 _{ef}	0.00±0.00 _b	346.69±12.72 _{gh}
	0.5	155.776±9.13 _a	2.28±0.15 _{de}	2.23±0.14 j	14.410±1.21 _{cd}	6.28±0.48 _{fgh}	1.87±0.11 h	1.4820.11 fg	35.96±2.58 h	0.00±0.00 _b	220.29±8.46 j

Kon: konsantrasyon, DOP: dopamin, PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHEN: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT BA’ler: toplam biyojen aminler, BAI: biyojen amin indeksi. Tablodaki sayılar ortalamayı ve standart hatayı temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$)

EK-15. ODS’nda *E. coli* tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)

Özütler	Kon.	DOP	PUT	CAD	TRP	PHEN	SPD	SPR	HIS	TYR	TOT BA
kontrol	0	28.16±1.29 fg	781.17±17.01 f	11.97±0.94 g	18.63±1.05 g	0.00±0.00 i	1.43±0.09 a	0.00±0.00 d	5.38±0.4 a	1.33±0.09 a	845.32±19.84 h
Kekik	0.02	22.97±1.52 gh	841.41±19.58 e	26.82±2.06 d	24.96±2.13 c	1.68±0.08 f	0.00±0.00 b	0.00±0.00 d	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	917.86±17.16 f
	0.1	37.40±2.54 ef	3.11±0.16 j	6.30±0.36 h	0.00±0.00 j	0.96±0.03 g	0.00±0.00 b	26.51±1.42 a	4.58±0.31 b	0.00±0.00 b	78.88±5.41 j
	0.5	23.30±1.5 gh	4.89±0.27 ij	5.20±0.22 h	0.74±0.03 hi	0.34±0.01 h	0.00±0.00 b	21.47±1.53 b	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	55.95±3.15 k
Kara B.	0.02	83.64±6.02 a	741.83±19.83 g	22.16±2.08 e	23.30±2.13 d	7.31±0.59 b	0.00±0.00 b	0.00±0.00 d	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	878.27±14.82 g
	0.1	46.39±3.23 de	912.47±27.81 c	29.98±1.95 bc	20.91±1.16 f	3.40±0.18 d	0.00±0.00 b	0.00±0.00 d	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	1013.15±23.36 c
	0.5	34.35±2.88 fg	881.52±17.45 d	30.34±2.87 b	37.07±2.31 a	9.26±0.86 a	0.00±0.00 b	0.00±0.00 d	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	992.65±13.83 d
Kırmızı B.	0.02	67.12±5.14 b	841.40±18.57 e	26.84±2.06 d	24.97±2.12 c	1.48±0.12 f	0.00±0.00 b	0.00±0.00 d	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	961.83±13.4 e
	0.1	54.03±3.78 cd	929.24±24.32 b	29.07±2.04 c	29.72±2.02 b	2.94±0.11 e	0.00±0.00 b	0.00±0.00 d	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	1045.01±25.58 b
	0.5	69.83±4.48 b	968.64±21.39 a	35.54±3.19 a	29.46±2.23 b	3.82±0.17 c	0.00±0.00 b	0.00±0.00 d	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	1107.31±22.39 a
Kimyon	0.02	59.44±3.76 bc	706.60±19.1 h	20.14±1.43 f	21.57±2.09 e	0.00±0.00 i	0.00±0.00 b	0.00±0.00 d	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	807.77±23.55 i
	0.1	29.03±2.27 fg	8.20±0.49 i	0.86±0.06 j	1.04±0.04 h	1.53±0.1 f	0.00±0.00 b	2.99±0.25 c	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	43.67±2.39 l
	0.5	15.15±1.19 h	2.76±0.18 j	3.17±0.18 i	0.64±0.09 i	0.96±0.03 g	0.00±0.00 b	3.16±0.16 c	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	25.87±1.32 m

Kon: konsantrasyon, DOP: dopamin, PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHEN: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT BA’ler: toplam biyojen aminler, BAI: biyojen amin indeksi. Tablodaki sayılar ortalamayı ve standart hatayı temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$)

EK-16. ODS’nda *S. aureus* tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)

Özütler	Kon	DOP	PUT	CAD	TRP	PHEN	SPD	SPR	HIS	TYR	TOT BA
kontrol	0	9.78±0.75 c	1.72±0.06 b	1.33±0.01 a	3.42±0.24 a	1.78±0.13 bc	2.13±0.18 b	0.00±0.00 c	0.00±0 b	19.34±1.54 a	38.18±3.76 a
Kekik	0.02	6.41±0.46 de	0.99±0.01 de	0.00±0.00 b	1.14±0.12 d	1.13±0.15 bc	1.24±0.13 c	0.00±0.00 c	0.00±0 b	0.00±0.00 b	10.93±1.22 gh
	0.1	5.15±0.38 e	1.59±0.12 bc	0.00±0.00 b	2.08±0.15 bc	4.66±0.19 a	4.22±0.12 a	13.56±1.3 b	0.00±0 b	0.00±0.00 b	31.28±2.76 b
	0.5	0.00±0.00 g	2.18±0.27 a	0.00±0.00 b	2.59±0.29 b	5.01±0.31 a	0.00±0.00 d	23.19±1.82 a	0.00±0 b	0.00±0.00 b	32.98±3.15 b
Kara B.	0.02	6.31±0.54 de	1.48±0.18 bc	0.00±0.00 b	0.00±0.00 f	1.86±0.12 bc	0.00±0.00 d	0.00±0.00 c	0.00±0 b	0.00±0.00 b	9.66±0.75 h
	0.1	6.88±0.43 d	1.31±0.12 cd	0.00±0.00 b	0.00±0.00 f	1.19±0.11 bc	0.00±0.00 d	0.00±0.00 c	0.00±0 b	0.00±0.00 b	9.40±0.82 h
	0.5	2.04±0.19 f	1.45±0.11 bc	0.00±0.00 b	0.00±0.00 f	2.16±0.21 b	0.00±0.00 d	0.00±0.00 c	0.00±0 b	0.00±0.00 b	5.65±0.86 i
Kırmızı B.	0.02	10.37±0.99 c	0.80±0.02 e	0.00±0.00 b	0.65±0.01 de	1.49±0.13 bc	0.00±0.00 d	0.00±0.00 c	0.00±0 b	0.00±0.00 b	13.33±0.25 fg
	0.1	12.48±1.29 b	1.26±0.11 cd	0.00±0.00 b	1.92±0.14 c	1.42±0.12 bc	0.00±0.00 d	0.00±0.00 c	0.00±0 b	0.00±0.00 b	17.10±1.37 de
	0.5	5.88±0.37 de	1.03±0.09 de	0.00±0.00 b	0.62±0.04 de	1.51±0.12 bc	0.00±0.00 d	0.00±0.00 c	0.00±0 b	0.00±0.00 b	9.05±0.75 h
Kimyon	0.02	11.22±0.89 bc	2.11±0.13 a	0.00±0.00 b	0.22±0.01 ef	1.13±0.16 bc	0.00±0.00 d	0.00±0.00 c	0.00±0 b	0.00±0.00 b	14.69±1.17 ef
	0.1	10.25±1.07 c	1.55±0.12 bc	0.00±0.00 b	0.88±0.07 d	1.13±0.17 bc	0.00±0.00 d	0.00±0.00 c	5.55±0.25 a	0.00±0.00 b	19.38±1.31 cd
	0.5	18.75±1.26 a	1.59±0.16 bc	0.00±0.00 b	0.00±0.00 f	0.34±0.01 c	0.00±0.00 d	0.00±0.00 c	0.00±0 b	0.00±0.00 b	20.69±1.41 c

Kon: konsantrasyon, DOP: dopamin, PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHEN: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT BA’ler: toplam biyojen aminler, BAI: biyojen amin indeksi. Tablodaki sayılar ortalamayı ve standart hatayı temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$)

EK-17. ODS’nda *E. faecales* tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)

Özütler	Kon	DOP	PUT	CAD	TRP	PHEN	SPD	SPR	HIS	TYR	TOT BA
kontrol	0	19.03±1.24 d	10.76±1.29 c	0.00±0.00 e	0.59±0.33 c	9.10±0.76 a	2.00±0.11 a	1.36±0.13 a	1.16±0.11 a	3.91±0.19 b	45.42±3.44 c
Kekik	0.02	6.05±0.45 f	0.83±0.03 hi	0.00±0.00 e	0.65±0.42 c	2.48±0.28 g	0.40±0.011 f	0.00±0.00 b	0.00±0.00 b	2.35±0.16 c	12.78±1.3 f
	0.1	25.18±1.83 c	1.86±0.12 fg	0.00±0.00 e	0.78±0.44 c	2.16±0.28 gh	1.32±0.16 cde	0.00±0.00 b	0.00±0.00 b	2.02±0.15 cd	33.35±3.07 d
	0.5	6.52±0.67 f	4.00±0.24 e	0.00±0.00 e	3.29±0.29 a	1.51±0.12 ij	0.40±0.11 f	0.00±0.00 b	0.00±0.00 b	0.00±0.00 e	15.75±1.13 f
Kara B.	0.02	5.08±0.44 f	1.47±0.12 fgh	0.00±0.00 e	0.83±0.04 c	3.68±0.21 e	1.69±0.11 abc	0.00±0.00 b	0.00±0.00 b	3.72±0.26 b	16.49±1.17 f
	0.1	15.78±1.58 de	1.36±0.11 gh	0.00±0.00 e	0.80±0.01 c	3.44±0.27 e	1.47±0.13 bcd	0.00±0.00 b	0.00±0.00 b	3.56±0.24 b	26.43±2.61 e
	0.5	12.16±1.04 e	1.51±0.13 fgh	0.00±0.00 e	0.72±0.04 c	4.63±0.36 bc	1.76±0.12 ab	0.00±0.00 b	0.00±0.00 b	4.41±0.25 a	25.22±2.2 e
Kırmızı B.	0.02	3.05±0.29 f	17.84±1.22 b	16.11±1.14 b	0.70±0.01 c	4.14±0.32 d	1.70±0.13 abc	0.00±0.00 b	0.00±0.00 b	4.71±0.27 a	48.27±3.12 c
	0.1	1.79±0.19 f	7.73±0.67 d	10.37±0.99 c	0.00±0.00 d	4.77±0.22 b	1.72±0.12 abc	0.00±0.00 b	0.00±0.00 b	3.85±0.18 b	30.25±2.16 de
	0.5	5.55±0.32 f	30.30±2.53 a	24.43±2.38 a	0.00±0.00 d	4.30±0.26 cd	1.47±0.13 bcd	0.00±0.00 b	0.00±0.00 b	4.47±0.22 a	70.53±6.21 b
Kimyon	0.02	16.25±1.36 de	0.37±0.01 i	1.83±0.15 d	0.00±0.00 d	2.89±0.15 f	1.12±0.12 de	0.00±0.00 b	0.00±0.00 b	4.68±0.52 a	27.16±1.96 e
	0.1	40.94±4.05 b	2.02±0.21 fg	1.52±0.11 d	1.21±0.13 b	1.80±0.11 hi	1.58±0.13abc	0.00±0.00 b	0.00±0.00 b	1.61±0.16 d	50.70±6.17 c
	0.5	98.07±8.88 a	2.16±0.14 f	0.00±0.00 e	0.00±0.00 d	1.37±0.12 j	0.98±0.03 e	0.00±0.00 b	0.00±0.00 b	0.00±0.00 e	102.59±12.01 a

Kon: konsantrasyon, DOP: dopamin, PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHEN: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT BA’ler: toplam biyojen aminler, BAI: biyojen amin indeksi. Tablodaki sayılar ortalamayı ve standart hatayı temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$)

EK-18. ODS’nda *P. aeruginosa* tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)

Özütler	Kon	DOP	PUT	CAD	TRP	PHEN	SPD	SPR	HIS	TYR	TOT BA
kontrol	0	3.96±0.36 d	2.89±0.21 cd	0.00±0.00 b	3.03±0.27 a	1.73±0.15 b	0.00±0.00 f	0.00±0.00 c	1.16±0.11 a	0.00±0.00 e	11.63±0.98 fgh
Kekik	0.02	7.61±0.57 cd	2.74±0.26 cde	0.00±0.00 b	0.00±0.00 e	2.73±0.25 a	0.00±0.00 f	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	0.00±0.00 e	13.08±0.96 efgh
	0.1	1.97±0.13 d	2.68±0.25 de	0.00±0.00 b	0.00±0.00 e	1.40±0.13 bc	0.00±0.00 f	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	0.00±0.00 e	6.05±0.67 gh
	0.5	7.32±0.58 cd	3.97±0.25 ab	0.00±0.00 b	0.00±0.00 e	2.80±0.17 a	0.00±0.00 f	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	0.00±0.00 e	14.10±1.04 efg
Kara B.	0.02	33.89±3.29 b	0.00±0.00 i	0.00±0.00 b	0.00±0.00 e	1.29±0.14 bc	1.69±0.16 b	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	0.00±0.00 e	36.88±3.39 c
	0.1	40.65±3.38 b	0.00±0.00 i	0.00±0.00 b	0.00±0.00 e	1.37±0.1 bc	1.35±0.11 c	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	0.00±0.00 e	45.58±3.56 b
	0.5	56.53±4.19 a	0.00±0.00 i	0.00±0.00 b	1.71±0.12 b	2.37±0.11 a	1.74±0.12 b	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	0.00±0.00 e	62.36±4.21 a
Kırmızı B.	0.02	5.37±0.49 cd	1.99±0.12 ef	0.00±0.00 b	1.24±0.13 cd	1.64±0.13 b	1.70±0.16 b	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	8.08±0.11 a	20.04±2.05 de
	0.1	9.43±0.62 cd	3.54±0.12 bc	0.00±0.00 b	0.00±0.00 e	0.00±0.00 d	1.09±0.10 d	1.08±0.10 b	0.00±0.00 b	0.67±0 d	15.82±1.12 ef
	0.5	12.98±1.08 c	4.34±0.35 a	0.00±0.00 b	0.00±0.00 e	1.59±0.16 b	1.88±0.12 a	1.466±0.11 a	0.00±0.00 b	1.39±0.14 c	23.66±2.07 d
Kimyon	0.02	5.21±0.69 cd	0.52±0.09 hi	0.52±0.02 a	1.12±0.11 d	0.89±0.06 c	0.00±0.00 f	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	0.00±0.00 e	8.28±0.57 fgh
	0.1	2.47±0.26 d	0.81±0.02 gh	0.00±0.00 b	1.02±0.10 d	0.86±0.02 c	0.00±0.00 f	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	0.00±0.00 e	5.17±0.49 h
	0.5	9.23±0.73 cd	1.31±0.12 fg	0.00±0.00 b	1.60±0.12 bc	0.00±0.00 d	0.95±0.09 e	1.54±0.14 a	0.00±0.00 b	0.00±0.00 e	14.66±0.94 ef

Kon: konsantrasyon, DOP: dopamin, PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHEN: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT BA’ler: toplam biyojen aminler, BAI: biyojen amin indeksi. Tablodaki sayılar ortalamayı ve standart hatayı temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$)

EK-19. ODS’nda *K. pneumoniae* tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)

Özütler	Kon	DOP	PUT	CAD	TRP	PHEN	SPD	SPR	HIS	TYR	TOT BA
kontrol	0	58.08±3.79 c	30.49±2.43 a	61.42±4.23 a	1.60±0.12 a	68.26±5.51 a	8.73±0.13 a	1.38±0.15 d	0.00±0.00 c	1.28±0.16 a	229.99±15.44 a
Kekik	0.02	5.73±1.96 f	30.29±2.32 a	25.83±2.33 e	0.75±0.15 b	6.93±0.42 cd	0.00±0.00 g	0.00±0.00 e	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	69.53±5.39 g
	0.1	2.18±0.54 f	3.11±0.14 g	5.56±0.33 f	0.00±0.00 c	1.73±0.04 g	1.14±0.03 ef	12.39±1.25 b	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	26.14±0.15 h
	0.5	36.24±2.67 de	8.57±0.67 f	4.56±0.25 f	0.00±0.00 c	0.00±0.00 g	1.05±0.04 ef	20.83±1.4 a	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	71.27±6.48 g
Kara B.	0.02	44.92±3.1 cde	11.21±1.21 cd	33.12±2.22 cd	0.81±0.01 b	8.70±0.69 c	3.85±0.13 c	0.00±0.00 e	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	102.64±10.07 cdef
	0.1	52.08±2.92 c	10.33±1.31 de	31.83±2.25 d	1.28±0.13 a	8.69±0.05 c	1.78±0.06 de	6.55±0.39 c	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	112.56±13.0 cd5
	0.5	32.63±2.67 e	10.02±0.99 e	34.66±2.58 cd	1.39±0.21 a	5.72±0.18 def	4.94±0.39 b	0.00±0.00 e	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	89.38±8.78 f
Kırmızı B.	0.02	50.09±4.61 cd	11.80±1.05 c	37.85±3.11 c	0.00±0.00 c	4.33±0.30 f	2.14±0.07 d	0.00±0.00 e	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	106.23 ±10.82 cde
	0.1	32.45±2.9 e	11.28±1.06 c	47.42±4.15 b	0.00±0.00 c	6.42±0.32 de	1.87±0.07 de	0.00±0.00 e	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	99.45±13.28 def
	0.5	43.26±2.46 cde	15.94±1.08 b	43.62±3.11 b	0.00±0.00 c	10.76±0.49 b	1.81±0.4 de	0.00±0.00 e	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	116.61±11.75 c
Kimyon	0.02	124.10±10.63 a	7.87±0.62 f	25.18±2.19 e	0.00±0.00 c	4.50±0.26 ef	1.05±0.02 ef	0.00±0.00 e	6.81±0.35 a	0.00±0.00 b	169.54±12.5 b
	0.1	95.65±7.07 b	2.10±0.15 h	5.91±0.33 f	1.56±0.12 a	1.64±0.04 g	1.03±0.02 ef	0.00±0.00 e	5.27±0.41 b	0.00±0.00 b	113.18±13.74 cd
	0.5	89.05±8.13 b	0.93±0.09 i	3.24±0.12 f	1.51±0.46 a	1.16±0.08 g	0.40±0.22 fg	0.00±0.00 e	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	96.33±13.94 ef

Kon: konsantrasyon, DOP: dopamin, PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHEN: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT BA’ler: toplam biyojen aminler, BAI: biyojen amin indeksi. Tablodaki sayılar ortalamayı ve standart hatayı temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$)

EK-20. LDS’nda *E. coli* tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)

Özütler	Kon.	DOP	PUT	CAD	TRP	PHEN	SPD	SPR	HIS	TYR	TOTL BA
kontrol	0	55.08±6.8 ab	1.37±0.13 a	946.42±33.87 e	0.000 d±0	35.35±2.25 c	0.00±0.00 b	0.00±0.00 d	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	1036.85±35.91 f
Kekik	0.02	62.60±4.56 a	0.00±0.00 b	1450.10±40.43 c	4.880±0.34 a	0.00±0.00 f	0.00±0.00 b	0.00±0.00 d	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	1517.58±43.03 d
	0.1	15.78±1.67 d	0.00±0.00 b	29.39±2.33 f	0.000±0.00 d	0.00±0.00 f	0.00±0.00 b	22.356±2.17 a	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	67.53±6.17 g
	0.5	39.93±3.21 c	0.00±0.00 b	20.19±2.32 g	0.000±0.00 d	0.00±0.00 f	0.00±0.00 b	16.74±1.17 b	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	76.87±6.36 g
Kara B.	0.02	54.13±4.37 ab	0.00±0.00 b	1430.10±42.43 c	0.000±0.00 d	27.55±2.26 d	0.00±0.00 b	0.00±0.00 d	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	1531.79±45.06 c
	0.1	52.92±0.94 ab	0.00±0.00 b	1850.16±5.5 b	0.000±0.00 d	60.20±5.56 a	0.00±0.00 b	0.00±0.00 d	21.08±2.07 a	6.48±0.69 a	1960.05±35.14 b
	0.5	44.45±3.35 bc	0.00±0.00 b	2131.03±39.33 a	0.000±0.00 d	39.34±3.07 b	1.25±0.13 a	0.00±0.00 d	0.000±0.00 c	0.00±0.00 b	2226.09±42.57 a
Kırmızı B.	0.02	64.13±4.8 a	0.00±0.00 b	1450.10±2.43 c	0.000±0.00 d	27.55±2.26 d	0.00±0.00 b	0.00±0.00 d	0.000±0.00 c	0.00±0.00 b	1541.79±34.49 c
	0.1	52.92±4.65 b	0.00±0.00 b	1820.16±30.5 b	0.000±0.00 d	60.20±4.56 a	0.00±0.00 b	0.00±0.00 d	19.88±1.08 a	0.00±0.00 b	1960.05±36.58 b
	0.5	45.62±3.17 bc	0.00±0.00 b	2141.03±1.33 a	0.000±0.00 d	39.34±3.07 b	0.00±0.00 b	0.00±0.00 d	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	2226.00±57.08 a
Kimyon	0.02	38.84±3.16 c	0.00±0.00 b	1124.46±39.2 d	0.000±0.00 d	37.18±0.02 c	0.00±0.00 b	0.00±0.00 d	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	1200.49±35.38 e
	0.1	16.80±1.29 d	0.00±0.00 b	15.24±1.08 g	1.222±0.18 b	2.21±0.14 e	0.00±0.00 b	0.00±0.00 d	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	35.47±3.48 h
	0.5	16.59±0.33 d	0.00±0.00 b	8.21±0.73 h	0.740±0.01 c	1.51f±0.15 e	0.00±0.00 b	5.22±0.04 c	0.00±0.00 c	0.00±0.00 b	32.27±2.24 h

Kon: konsantrasyon, DOP: dopamin, PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHEN: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT BA’ler: toplam biyojen aminler, BAI: biyojen amin indeksi. Tablodaki sayılar ortalamayı ve standart hatayı temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$)

EK-21. LDS’nda *S. aureus* tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)

Özütler	Kon	DOP	PUT	CAD	TRP	PHEN	SPD	SPR	HIS	TYR	TOT BA
kontrol	0	10.14±1.96 bcd	0.00±0.00 c	2.78±0.12 a	1.06±0.10 e	2.22±0.23 bc	3.12±0.37 a	0.00±0.00 d	0.00±0.00 c	0.00±0.00 f	19.34±1.55 de
Kekik	0.02	9.42±0.83 cd	0.00±0.00 c	0.94±0.04 ef	2.49±0.24 b	1.30±0.13 de	1.83±0.19 b	3.90±0.36 c	0.00±0.00 c	0.00±0.00 f	19.90±1.27 cd
	0.1	5.69±0.37 e	0.00±0.00 c	0.85±0.13 ef	1.87±0.11 cd	2.90±0.12 b	2.26±0.29 ab	16.09±1.06 b	0.00±0.00 c	0.00±0.00 f	30.59±2.28 b
	0.5	11.22±0.97 bc	2.41±0.28 a	0.18±0.01 g	3.53±0.13 a	3.82±0.26 a	3.10±0.23 a	47.64±3.94 a	0.00±0.00 c	23.07±2.07 a	94.99±7.68 a
Kara B.	0.02	6.70±0.36 de	0.00±0.00 c	2.27±0.23 b	0.00±0.00 f	1.21±0.13 de	0.00±0.00 c	0.00±0.00 d	0.00±0.00 c	4.74±0.35 c	14.94±1.21 e
	0.1	1.90±0.15 f	0.00±0.00 c	1.68±0.11 c	0.00±0.00 f	1.68±0.16 cd	0.00±0.00 c	0.00±0.00 d	0.00±0.00 c	1.39±0.13 e	6.66±0.43 fg
	0.5	1.50±0.17 f	0.00±0.00 c	0.56±0.07 fg	0.00±0.00 f	1.30±0.16 de	0.00±0.00 c	0.00±0.00 d	0.00±0.00 c	6.92±0.41 b	10.29±0.18 f
Kırmızı B.	0.02	2.11±0.18 f	0.00±0.00 c	1.71±0.13 c	1.80±0.09 d	1.65 ±0.13 cd	0.00±0.00 c	0.00±0.00 d	0.00±0.00 c	2.46±0.12 d	9.76±1.14 fg
	0.1	1.97±0.13 f	0.00±0.00 c	0.93±0.02 ef	0.85±0.04 e	1.59±0.16 cde	0.00±0.00 c	0.00±0.00 d	0.00±0.00 c	0.00±0.00 f	5.35±0.31 g
	0.5	4.82±0.36 ef	0.00±0.00 c	1.16±0.11 de	0.88±0.01 e	1.16±0.18 de	0.00±0.00 c	0.00±0.00 d	0.00±0.00 c	0.00±0.00 f	8.04±0.85 fg
Kimyon	0.02	13.38±1.25 b	2.49±0.12 a	1.68±0.13 c	2.05±0.23 c	2.76±0.19 b	0.00±0.00 c	0.00±0.00 d	11.29±0.92 a	0.00±0.00 f	33.68±1.44 b
	0.1	17.40±1.68 a	0.00±0.00 c	1.53±0.15 cd	0.00±0.00 f	1.42±0.15 cde	0.00±0.00 c	0.00±0.00 d	3.92±0.27 b	0.00±0.00 f	24.27±1.35 c
	0.5	20.36±1.78 a	0.00±0.00 c	1.91±0.18 bc	0.00±0.00 f	0.80±0.03 e	0.00±0.00 c	0.00±0.00 d	0.00±0.00 c	0.00±0.00 f	23.08±1.83 cd

Kon: konsantrasyon, DOP: dopamin, PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHEN: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT BA’ler: toplam biyojen aminler, BAI: biyojen amin indeksi. Tablodaki sayılar ortalamayı ve standart hatayı temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$)

EK-22. LDS’nda *E. faecales* tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)

Özütler	Kon	DOP	PUT	CAD	TRP	PHEN	SPD	SPR	HIS	TYR	TOT BA
kontrol	0	2.00±1.23 e	1.10±0.12 cde	2.55±0.19 de	0.91±0.07 d	7.99±0.46 a	0.00±0.00 f	0.00±0.00 b	0.00±0.00 b	4.88±0.16 b	19.46±1.46 gh
Kekik	0.02	0.59±0.04 e	0.91±0.03 de	1.39±0.15 fgh	0.92±0.05 d	2.84±0.28 d	0.00±0.00 f	0.00±0.00 b	0.00±0.00 b	4.23±0.28 c	10.91±1.07 h
	0.1	2.58±2.06 e	1.68±0.14 b	1.70±0.11 efg	1.44±0.11 bc	2.63±0.14 d	0.00±0.00 f	0.00±0.00 b	0.00±0.00 b	1.41±0.13 e	11.47±1.23 h
	0.5	3.70±3.29 e	4.69±0.39 a	1.49±0.14 fg	4.26±0.31 a	6.75±0.41 b	0.00±0.00 f	6.26±0.45 a	0.00±0.00 b	0.00±0.00 f	27.18±1288 g
Kara B.	0.02	65.15±4.63 c	0.00±0.00 f	0.880±0.05 gh	0.75±0.06 d	4.28±0.35 c	1.89±0.07 bc	0.00±0.00 b	0.00±0.00 b	4.26±0.29 c	77.23±5.27 d
	0.1	33.86±3.05 d	1.38±0.11 bc	1.64±0.12 fg	1.30±0.13 c	4.42±0.35 c	2.07±0.09 abc	0.00±0.00 b	0.00±0.00 b	5.50±0.43 a	50.20±3.97 e
	0.5	24.63±2.06 d	0.93±0.01 de	1.34±0.12 fgh	0.86±0.04 d	4.76±0.38 c	1.80±0.11 c	0.00±0.00 b	0.00±0.00 b	4.34±0.35 c	38.69±2.22 f
Kırmızı B.	0.02	125.55±7.22 a	0.79±0.03 e	8.76±0.72 c	1.67±0.14 b	4.54±0.23 c	2.15±0.13 ab	0.00±0.00 b	0.00±0.00 b	5.50±0.38 a	148.98±11.06 a
	0.1	32.90±3.3 d	1.04±0.08 cde	12.12±1.02 b	0.71±0.04 d	4.84±0.24 c	1.91±0.16 bc	0.00±0.00 b	0.00±0.00 b	5.20±0.45 b	57.75±4.83 e
	0.5	109.28±8.76 b	0.00±0.00 f	27.76±2.32 a	1.01±0.09 d	6.64±0.55 b	2.28±0.12 a	0.00±0.00 b	0.00±0.00 b	5.75±0.46 a	152.73±12.67 a
Kimyon	0.02	125.55±7.22 a	0.00±0.00 f	3.22±0.24 d	0.00±0.00 e	2.48±0.16 d	0.69±0.04 e	0.00±0.00 b	0.00±0.00 b	3.66±0.28 d	135.61±9.35 b
	0.1	31.90±2.70 d	0.00±0.00 f	0.64±0.03 h	1.56±0.12 bc	2.05±0.17 d	1.28±0.15 d	0.00±0.00 b	0.00±0.00 b	1.65±0.17 e	39.10±2.72 f
	0.5	109.28±8.76 b	1.20±0.11 cd	2.03±0.21 ef	0.70±0.02 d	1.81±0.18 d	0.88±0.04 e	0.00±0.00 b	4.10±0.29 a	0.00±0.00 f	120.03±3.06 c

Kon: konsantrasyon, DOP: dopamin, PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHEN: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT BA’ler: toplam biyojen aminler, BAI: biyojen amin indeksi. Tablodaki sayılar ortalamayı ve standart hatayı temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$)

EK-23. LDS’nda *P. aeruginosa* tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)

Özütler	Kon	DOP	PUT	CAD	TRP	PHEN	SPD	SPR	HIS	TYR	TOT BA
kontrol	0	7.28±0.62 de	1.27±0.11 a	59.03±3.85 e	0.00±0.00 c	4.27±0.37 e	0.00±0.00 d	1.31±0.11 a	7.83±0.53 c	1.16±0.10 a	78.41±5.39 g
Kekik	0.02	7.68±0.53 de	0.00±0.00 b	115.90±9.09 b	0.00±0.00 c	2.16±0.14 f	0.00±0.00 d	0.00±0.00 b	0.00±0.00 f	0.00±0.00 b	125.76±8.07 d
	0.1	4.46±0.32 e	0.00±0.00 b	32.46±3.12 g	0.00±0.00 c	4.27±0.38 e	0.00±0.00 d	0.00±0.00 b	0.00±0.00 f	0.000±0.00 b	41.20±3.78 h
	0.5	13.14±1.02 d	0.00±0.00 b	4.04±0.35 j	0.00±0.00 c	1.56±0.15 f	0.00±0.00 d	0.00±0.00 b	0.00±0.00 f	0.00±0.00 b	18.74±1.44 j
Kara B.	0.02	72.33±6.67 a	0.00±0.00 b	71.57±6.08 c	0.00±0.00 c	18.78±0.13 b	2.25±0.13 a	0.00±0.00 b	0.00±0.00 f	0.00±0.00 b	164.94±10.32 b
	0.1	58.44±4.92 b	0.00±0.00 b	69.15±4.23 d	0.00±0.00 c	16.78±0.49 c	2.11±0.13 a	0.00±0.00 b	13.335±1.11 b	0.00±0.00 b	159.84±8.92 b
	0.5	35.27±3.32 c	0.00±0.00 b	342.12±15.55 a	0.00±0.00 c	38.24±2.23 a	1.85±0.19 b	0.00±0.00 b	0.00±0.00 f	0.00±0.00 b	417.49±13.51 a
Kırmızı B.	0.02	4.43±0.26 e	0.00±0.00 b	72.60±4.17 c	2.35±0.22 a	16.75±1.24 c	0.00±0.00 d	0.00±0.00 b	23.118±2.04 a	0.00±0.00 b	119.21±10.51 e
	0.1	7.47±0.59 de	0.00±0.00 b	71.91±0.09 c	0.00±0.00 c	8.89±0.73 d	0.00±0.00 d	0.00±0.00 b	2.834±0.16 e	0.00±0.00 b	91.12±7.96 f
	0.5	9.57±0.87 de	0.00±0.00 b	114.89±10.06 b	0.00±0.00 c	16.70±1.31 c	0.00±0.00 d	0.00±0.00 b	0.00±0.00 f	0.00±0.00 b	141.17±11.24 c
Kimyon	0.02	9.47±0.64 de	0.00±0.00 b	43.80±3.24 f	0.00±0.00 c	19.85±1.47 b	0.00±0.00 d	0.00±0.00 b	5.852±0.43 d	0.00±0.00 b	78.99±6.26 g
	0.1	10.91±0.71 d	0.00±0.00 b	20.29±1.81 i	1.02±0.08 b	1.16±0.11 f	0.83±0.06 c	0.00±0.00 b	0.00±0.00 f	0.00±0.00 b	34.22±2.32 i
	0.5	6.90±0.43 de	0.00±0.00 b	22.46±1.87 h	0.00±0.00 c	2.59±0.22 f	0.87±0.02 c	0.00±0.00 b	0.00±0.00 f	0.00±0.00 b	32.83±2.13 i

Kon: konsantrasyon, DOP: dopamin, PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHEN: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT BA’ler: toplam biyojen aminler, BAI: biyojen amin indeksi. Tablodaki sayılar ortalamayı ve standart hatayı temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$)

EK-24. LDS’nda *K. pneumoniae* tarafından oluşan biyojen aminler üzerine bitkisel özütlerin etkileri (mg/l)

Özütler	Kon	DOP	PUT	CAD	TRP	PHEN	SPD	SPR	HIS	TYR	TOT BA
kontrol	0	32.70±2.42 ef	0.68±0.03 b	529.80±17.92 e	0.00±0.00 c	33.54±0.04 f	1.28±0.14 bcd	0.00±0.00 d	0.00±0.00 e	0.00±0.00 b	598.02±14.45 d
Kekik	0.02	49.69±3.38 cde	0.00±0.00 c	159.46±9.1 i	0.00±0.00 c	28.25±0.71 g	1.14±0.09 cd	0.00±0.00 d	0.00±0.00 e	0.00±0.00 b	238.56±13.26 f
	0.1	6.09±0.41 g	0.00±0.00 c	8.52±0.13 l	0.00±0.00 c	1.64±0.04 j	0.00±0.00 e	3.39±0.31 c	0.00±0.00 e	0.00±0.00 b	19.65±1.29 j
	0.5	15.24±0.99 fg	0.00±0.00 c	12.41±0.77 k	0.00±0.00 c	2.25±0.11 j	1.40±0.17 abcd	11.52±0.95 b	0.00±0.00 e	0.00±0.00 b	42.85±2.18 i
Kara B.	0.02	73.74±5.27 c	0.00±0.00 c	514.08±17.52 g	0.00±0.00 c	70.41±4.33 a	1.63±0.12 abc	0.00±0.00 d	12.15±0.98 c	6.240±0.38 a	678.28±18.38 b
	0.1	58.73±3.25 cde	0.00±0.00 c	526.85±14.6 f	0.00±0.00 c	65.23±4.67 c	1.27±0.09 bcd	0.00±0.00 d	13.66±0.92 b	0.00±0.00 b	665.76±14.11 bc
	0.5	69.04±4.61 cd	1.06±0.08 a	551.02±15.51 d	0.00±0.00 c	59.28±3.39 d	1.53±0.12 abcd	21.13±1.19 a	15.06±0.89 a	0.00±0.00 b	718.13±15.44 a
Kırmızı B.	0.02	44.05±2.25 de	0.00±0.00 c	594.99±19.69 b	0.00±0.00 c	70.38±3.84 a	1.70±0.12 ab	0.00±0.00 d	0.00±0.00 e	0.00±0.00 b	711.14±20.3 a
	0.1	39.46±2.99 ef	0.00±0.00 c	558.24±16.94 c	0.00±0.00 c	57.03±3.16 e	1.06±0.09 d	0.00±0.00 d	0.00±0.00 e	0.00±0.00 b	655.81±17.11 c
	0.5	49.15±2.45 cde	0.00±0.00 c	602.27±18.53 a	0.00±0.00 c	68.83±4.11 b	1.73±0.09 ab	0.00±0.00 d	0.00±0.00 e	0.00±0.00 b	721.99±19.71 a
Kimyon	0.02	199.48±10.61 a	0.00±0.00 c	335.09±14.21 h	0.00±0.00 c	14.74±1.16 h	1.81±0.06 a	0.00±0.00 d	0.00±0.00 e	0.00±0.00 b	551.14±18.6 e
	0.1	159.89±11.25 b	0.00±0.00 c	20.33±2.09 j	1.16±0.06 a	4.57±0.23 i	0.00±0.00 e	0.00±0.00 d	3.41±0.24 d	0.00±0.00 b	189.38±12.38 g
	0.5	149.41±9.25 b	0.00±0.00 c	8.45±0.59 l	0.70±0.01 b	1.95±0.15 j	0.00±0.00 e	0.00±0.00 d	0.00±0.00 e	0.00±0.00 b	160.52±9.79 h

Kon: konsantrasyon, DOP: dopamin, PUT: putresin, CAD: kadaverin, TRP: triptamin, PHEN: feniletilamin, SPD: spermidin, SPR: spermin, HIS: histamin, TYR: tiramin, TOT BA’ler: toplam biyojen aminler, BAI: biyojen amin indeksi. Tablodaki sayılar ortalamayı ve standart hatayı temsil etmektedir. Farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$).

ÖZGEÇMİŞ

Mustafa Hamza Mawlood AL BAYATI

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Doktora	Akdeniz Üniversitesi
2019-2024	Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Biyoteknoloji Anabilim Dalı, Antalya
Yüksek Lisans	Süleymaniye Üniversitesi
2014-2016	Tarım Bilimleri Fakültesi, Hayvansal Üretim Bölümü, Süleymaniye, Irak
Lisans	Süleymaniye Üniversitesi
2008-2012	Tarım Bilimleri Fakültesi, Hayvansal Üretim Bölümü, Süleymaniye, Irak

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Öğretim Görevlisi	Süleymaniye Üniversitesi
2016-Devam Ediyor	Tarım Bilimleri Fakültesi, Hayvansal Üretim Bölümü, Süleymaniye, Irak
Araştırma Görevlisi	Süleymaniye Üniversitesi
2012-2016	Tarım Bilimleri Fakültesi, Hayvansal Üretim Bölümü, Süleymaniye, Irak

ESERLER

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

- 1- Al Bayati, M. H. M., Cengiz, M. F., Kitiş, Y. E., & Çınar, O. (2024). Comparison of antimicrobial activities of oregano, lavender, sage, anise and clove extracts obtained by supercritical fluid carbon dioxide extraction and essential oils obtained by hydrodistillation. *Journal of Essential Oil Research*, 36(3), 258-270.
- 2- Al Bayati, M. H. M., & Cengiz, M. F. (2024). Influence of plants and spices on the formation of biogenic amines in meat. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 37(1), 27-31.
- 3- Saewan, S. A., Khidhir, Z. K., & Al-Bayati, M. H. (2021). The impact of storage duration and conditions on the formation of biogenic amines and microbial content in poultry meat. *Iraqi J. Vet. Sci*, 35, 183-188.
- 4- Mawlood, M. H., & Khidhir, Z. K. (2018). Effect of slaughtering in different slaughter houses on some traits of broiler chicken meat during different storage periods under refrigeration and freezing. *Kirkuk University Journal For Agricultural Sciences*, 9(4), 177-185.
- 5- Khidhir, Z. K., Koja, M. H., Bobo, E. D., Salah, A. R., & Mahmood, R. F. (2017). Use of Sodium Lactate for Preservation of Whole Common Carp (*Cyprinus carpio*) Fish Under Refrigeration Storage. *Tikrit Journal for Agricultural Sciences*, 17.
- 6- Kh Khidhir, Z., H Mawlood, M., H Omer, Z., B Salih, D., & I Mahmood, S. (2017). Study of Some Imported Shrimp Quality Parameters Available in Sulaimani Market. *Journal of Tikrit University For Agriculture Sciences*, 17, 62-69.