



## Determination of Antimicrobial Activity of Some Medicinal and Aromatic Plant Extracts on Antibiotic Resistant *Escherichia coli* Strains

Bahar Güngör<sup>1,a,\*</sup>

<sup>1</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, 55139, Samsun, Türkiye

\*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 26.08.2024 Accepted : 28.10.2024</p> <p><b>Keywords:</b> Medicinal and aromatic plants Ginger Garlic Mint Antibiotic resistance</p>	<p>This study was carried out to determine the <i>in vitro</i> antimicrobial activity of ginger (<i>Zingiber officinale</i>), garlic (<i>Allium sativum</i> L.) and mint (<i>Mentha piperita</i> L.) medicinal and aromatic plant extracts prepared by using different solvents against multiple antibiotic resistant <i>Escherichia coli</i> strains. For the preparation of ginger, garlic and mint extracts, ethanol, methanol, acetone and distilled water were used as solvents. After the determination of the extraction efficiency of the solvents, the <i>in vitro</i> antimicrobial activity of the prepared extracts was determined by disk diffusion method using six different multi-antibiotic resistant <i>E. coli</i> strains (EC1-6). The extraction yield obtained from mint extraction using water or methanol as solvent was higher (<math>P&lt;0.001</math>) than acetone and ethanol. Similarly, the extraction yield of ginger and garlic samples using water was higher (<math>P=0.013</math> and <math>P&lt;0.001</math>, respectively) than the other solvents. Ethanol and methanol extracts of ginger showed (<math>P=0.020</math> and <math>P=0.026</math>, respectively) antimicrobial activity against <i>E. coli</i> EC2 and EC4 strains. However, ginger extracts did not affect (<math>P&gt;0.05</math>) other <i>E. coli</i> strains. Ethanol and methanol extracts of garlic demonstrated antibacterial activity against all <i>E. coli</i> strains except the <i>E. coli</i> EC2 strain (<math>P&lt;0.05</math>). However, no antimicrobial activity of mint extracts prepared using different solvents was detected against any <i>E. coli</i> strains. The study results showed that ginger ethanol or methanol extracts and garlic ethanol extracts can be used as antimicrobial agents against the <i>E. coli</i> strains.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(11): 1938-1943, 2024

## Bazı Tıbbi ve Aromatik Bitki Ekstraktlarının Antibiyotik Dirençli *Escherichia coli* Suşları Üzerine Antimikrobiyal Aktivitelerinin Belirlenmesi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 26.08.2024 Kabul : 28.10.2024</p> <p><b>Anahtar Kelimeler:</b> Tıbbi ve aromatik bitkiler Zencefil Sarımsak Nane Antibiyotik direnç</p>	<p>Bu çalışmada zencefil (<i>Zingiber officinale</i>), sarımsak (<i>Allium sativum</i> L.) ve nane (<i>Mentha piperita</i> L.) tıbbi ve aromatik bitkilerinden farklı çözücüler kullanılarak hazırlanan ekstraktların çoklu antibiyotik dirençli <i>Escherichia coli</i> suşları üzerine <i>in vitro</i> antimikrobiyal aktivitesi belirlenmiştir. Zencefil, sarımsak ve nane ekstraktlarının hazırlanmasında çözücü olarak etanol, metanol, aseton ve saf su kullanılmıştır. Çözücülerin ekstraksiyon verimi belirlendikten sonra hazırlanan ekstraktların <i>in vitro</i> antimikrobiyal aktivitesi altı farklı çoklu antibiyotik dirençli <i>E. coli</i> suşu (EC1-6) kullanılarak disk difüzyon yöntemiyle belirlenmiştir. Çözücü olarak su veya metanol kullanılan nane ekstraksiyonundan elde edilen ekstraksiyon verimi, aseton ve etanolden daha yüksek bulunmuştur (<math>P&lt;0,001</math>). Benzer şekilde, zencefil ve sarımsak örneklerinden su kullanılarak alınan ekstraksiyon verimi diğer çözücülerden daha yüksek olmuştur (sırasıyla <math>P=0,013</math> ve <math>P&lt;0,001</math>). Zencefil etanol ve metanol ekstraktlarının <i>E. coli</i> EC2 ve EC4 suşlarına karşı antimikrobiyal aktivite gösterdiği (sırasıyla <math>P=0,020</math> ve <math>P=0,026</math>), buna karşın diğer <i>E. coli</i> suşları üzerine zencefil ekstraktlarının herhangi bir etkisi olmadığı (<math>P&gt;0,05</math>) belirlenmiştir. Benzer şekilde, sarımsak etanol ve metanol ekstraktlarının <i>E. coli</i> EC2 suşu dışındaki tüm <i>E. coli</i> suşlarına antibakteriyel etki gösterdiği belirlenmiştir (<math>P&lt;0,05</math>). Bununla birlikte, farklı çözücüler kullanılarak hazırlanan nane ekstraktlarının hiçbir <i>E. coli</i> suşuna karşı antimikrobiyal aktivitesi tespit edilmemiştir. Çalışmanın sonuçları, zencefil etanol veya metanol ekstraktlarının, sarımsak etanol ekstraktlarının çalışılan <i>E. coli</i> suşlarına karşı antimikrobiyal ajan olarak kullanılabileceğini göstermiştir.</p>

<sup>a</sup> bahargariopoglugunor@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-7338-5878>



## Giriş

Kolibasillozis, kanatlı hayvanlarda gelişen bakteriyel enfeksiyonların en önemlilerinden biridir (Halfaoui ve ark., 2017). Kanatlı yetiştiriciliğinde kolibasillozis olgusu temel olarak patojenik *E. coli* suşlarının enfeksiyonlarından kaynaklanmaktadır (Solà-Ginés ve ark., 2015). Bu hastalık yüksek ölüm oranı, karkas kusurları, tedavisi ve korunma masrafları nedeniyle kanatlı sektöründe önemli ekonomik kayıplara neden olmaktadır (Azam ve ark., 2019). Kanatlı yetiştiriciliğinde karşılaşılan enfeksiyon hastalıklarının tedavisinde antibiyotikler kullanılabilir. Buna karşın, antibiyotiklerin uzun süreli ve yanlış kullanımı sonucu bakterilerin antibiyotiklere karşı direnç geliştirmesi, kolibasillozisin antibiyotiklerle tedavi edilmesini güçleştirmiş ve bu durum kanatlı sektörünün önemli bir problemi haline gelmiştir (Yassin ve ark., 2017).

Tıbbi ve aromatik bitkiler, çok eski zamanlardan beri hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır (Ložienė ve ark., 2007). Zencefil (*Zingiber officinale*), Zingiberaceae ailesine ait yumru köklü çiçekli bir bitkidir. Kök sapı birçok ülkede yemek ve gıda takviyesi olarak geleneksel tıpta kullanılabilir (Beristain-Bauza ve ark., 2019). Zencefil ekstraktlarının *E. coli* üzerine antibakteriyel etkisi olduğu bildirilmiştir (Amrita ve ark., 2009).

Sarımsak (*Allium sativum* L.), uzun yıllardan beri geleneksel tıpta sıklıkla kullanılan, Alliaceae ailesine ait soğanlı bitkilerden tıbbi ve aromatik bir bitki türüdür. Sarımsak organik sülfidler, saponinler, fenolik bileşikler ve polisakkaritler gibi çeşitli biyoaktif bileşikler içermektedir (Shang ve ark., 2019). Sarımsak ekstraktının etlik piliçlerden izole edilen *E. coli* üzerine antimikrobiyal aktivite gösterdiği bildirilmiştir (Ziarlarimi ve ark., 2011).

Nane (*Mentha piperita* L.), insan beslenmesinde baharat olarak kullanılan ve geleneksel tedavi yöntemlerinde sıklıkla başvurulan Lamiaceae ailesine mensup tıbbi ve aromatik bir bitkidir. Nane mentol, rozmarinik asit, alkol, terpenoid ve fenolik maddeler gibi antimikrobiyal ve antioksidan etkili bileşikler içerdiği bildirilmiştir (Wani ve ark., 2022). Nane yaprağı ekstraktlarının çoklu antibiyotik dirençli *E. coli* üzerine antimikrobiyal etkili olduğu bildirilmiştir (Shalayel ve ark., 2017).

Tıbbi ve aromatik bitkilerin ekstraksiyonunda etkinliği etkileyen unsurlar arasında ekstraksiyon sıcaklığı, ekstraksiyon yöntemi, kullanılan çözücü vb. gibi birçok faktör bulunmaktadır. Buna karşın ekstraksiyonda kullanılan çözücü tipi, bitkideki farklı fenolik bileşenlerin hapsedilmesi ve dolayısıyla ekstraktın antimikrobiyal kapasitesini direkt olarak etkilemesi bakımından bu faktörlerin en önemlisidir (Fatiha ve ark., 2012). Tıbbi ve aromatik bitkilerin ekstraksiyonunda farklı fenolik yapıları sahip polifenollerin eldesi için sıklıkla kullanılan çözücüler arasında etanol, metanol, aseton ve su bulunmaktadır (Sun ve Ho, 2005). Mevcut çalışmada, etanol, metanol, aseton ve su kullanılarak gerçekleştirilen zencefil, sarımsak ve nane ekstraktlarının etlik piliçlerden izole edilen *E. coli* suşları üzerine antimikrobiyal aktivitesi araştırılmıştır.

## Materyal ve Yöntem

### *E. coli* Suşları

Çalışmada kolibasillozis şüpheli etlik piliçlerin sekumundan izole edilen ve gram negatif, hidrojen sülfid, simmon sitrat, oksidaz ve üreaz testlerinde negatif, üçlü şeker (TSI agar; laktöz-glikozsükroz) ve indol testinde pozitif sonuçları alınarak doğrulanan altı farklı *E. coli* suşu kullanılmıştır. EC1 suşu linkomisin (2 µg/disk, L2), basitrasin (10 µg/disk, B10), amoksisilin (30 µg/disk, AMC30), siprofloksasin (5 µg/disk, CIP5), sülfametoksazol (25 µg/disk, SXT25) ve kolistin (10 µg/disk, CT10) antibiyotiklerine dirençli, EC2 suşu L2, B10, AMC30, CIP5 ve SXT25 antibiyotiklerine dirençli, EC3 suşu L2, B10 ve AMC30 antibiyotiklerine dirençli, EC4 suşu L2, B10, AMC30, CIP5 ve SXT25 antibiyotiklerine dirençli, EC5 suşu L2, B10, AMC30, CIP5 ve SXT25 antibiyotiklerine dirençli, EC6 suşu ise L2, B10 ve CIP5 antibiyotiklerine dirençlidir (Güngör, 2023).

### Bitki Ekstraktlarının Hazırlanması

Çalışmada kullanılan zencefil (*Zingiber officinale*), sarımsak (*Allium sativum* L.) ve nane (*Mentha piperita* L.) Samsun'da bulunan bir aktardan kuru şekilde temin edilmiştir. Bitki ekstraktları, dört farklı çözücü (etanol, metanol, aseton ve su) kullanılarak Yeo ve ark. (2014)'nin bildirdiği yöntemde bazı değişiklikler yapılarak hazırlanmıştır. Buna göre, zencefil, nane veya sarımsak öğütüldükten sonra 2 gram alınarak erlenmayer içerisinde 20 ml etanol (%99,5), metanol (%99,8), aseton (%99,5) veya saf su ile karıştırılmıştır. Karışım, oda sıcaklığında 150 rpm'de 12 saat çalkalamaya bırakılmıştır. Ekstraksiyon tamamlandıktan sonra 1000 g'de 10 dk boyunca santrifüj edilmiştir. Süzünü filtre kağıdı ile süzülükten sonra rotary evaporator yardımıyla tamamen kuru olana kadar buharlaştırılmıştır (etanol, metanol ve aseton ekstraktları 40°C'de, sulu ekstrakt 60°C'de). Kuruyan ekstrakt 1 ml etanol, metanol, aseton veya su ile çözdürülmüştür.

### Ekstraksiyon Verimi

Ekstraksiyon verimi Gonelimali ve ark. (2018)'nin bildirdiği eşitlik ile hesaplanmıştır. Buna göre;

$$\text{Ekstraksiyon verimi (\%)}: (X1 \times 100 / X0)$$

X1: Buharlaştırma sonrası ekstraksiyonun ağırlığı

X0: Bitkinin ekstraksiyon öncesindeki kuru ağırlığı

### Disk Difüzyon Yöntemi

Antimikrobiyal aktivite, Bakht ve ark. (2011) tarafından açıklanan disk difüzyon yöntemine göre belirlenmiştir. *E. coli* suşları 37°C'de 24 saat inkübasyona bırakıldıktan sonra 0,5 McFarland olacak şekilde ayarlanmıştır. Bakteri kültürleri, steril eküvyon çubuk kullanılarak Muller Hinton Agar (MHA) bulunan petri kaplarına yayılmıştır. Filtre kağıtları (Whatmann No. 1) yuvarlak şekilde (6 mm çapında) kesilerek diskler hazırlanmıştır. Nane, zencefil veya sarımsak ekstraktlarından 15 µl alınarak hazırlanan disklerde emdirilmiş ve petrilere dökülmüş ve kurutulmuş besiyerinin üzerine yerleştirilmiştir. Petri kapları 37°C'de 22 saat inkübasyona bırakılmış ve akabinde inhibisyon zonlarının çapları belirlenmiştir.

**İstatistiksel Analiz**

Deneme 3 tekerrür olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Normal dağılım ve varyansları eşit olan verilerde Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılırken normal dağılım ve varyansların eşitliği ilkelerini karşılamayan verilerde Kruskal Wallis ve ikili karşılaştırmalarda Man Whitney U testleri kullanılmıştır. Karşılaştırmalarda  $P < 0.05$  değeri istatistiksel olarak önemli kabul edilmiştir.

**Bulgular****Ekstraksiyon Verimi**

Etanol, metanol, aseton ve su ile ekstrakte edilen nane, zencefil ve sarımsağın ekstraksiyon verimleri Çizelge 1’de verilmiştir. Çözücüler karşılaştırıldığında, nane ekstraksiyonunda metanol ve su çözücülerinin ekstraksiyon verimi aseton ve etanol çözücülerinkinden daha yüksek olmuştur ( $P < 0,001$ ). Sarımsak ekstraksiyonunda ise en yüksek ekstraksiyon verimi su ile elde edilirken, bunu metanol takip etmiş, etanol ve asetonun ekstraksiyon verimi aynı düzeyde düşük olmuştur ( $P < 0,001$ ). Benzer şekilde, zencefil ekstraksiyonunda su ile tespit edilen ekstraksiyon verimi diğer çözücülerden daha yüksek bulunmuştur ( $P = 0,013$ ).

Tıbbi ve aromatik bitkiler karşılaştırıldığında, etanol kullanılan ekstraksiyonda en yüksek verim nane yaprağından elde edilirken bunu sırasıyla zencefil ve sarımsak takip etmiştir ( $P < 0,001$ ). Benzer şekilde, metanol ekstraksiyonunda nane yaprağının ekstraksiyon verimi en yüksek olurken, bunu sırasıyla zencefil ve sarımsak takip etmiştir ( $P = 0,002$ ). Nane ve zencefilin aseton ekstraktında ekstraksiyon verimi birbiriyle benzer, ancak sarımsak

ekstraksiyonundan daha yüksek olmuştur ( $P = 0,040$ ). Diğer çözücülerden farklı olarak su ekstraksiyonunda sarımsağın ekstraksiyon verimi diğer tıbbi ve aromatik bitkilerden daha yüksek olmuştur ( $P < 0,001$ ).

**Antimikrobiyal Etki Zencefil**

Farklı çözücülerle ekstrakte edilen zencefilin disk difüzyon çapları Çizelge 2’de verilmiştir. Buna göre, Zencefil etanol veya metanol ekstraktlarının *E. coli* EC2 ve EC4 suşlarına karşı antimikrobiyal aktivite gösterdiği belirlenmiştir (sırasıyla  $P = 0,020$  ve  $P = 0,026$ ). Zencefil etanol ekstraktının EC4 suşuna karşı antimikrobiyal aktivitesi aseton ekstraktından daha yüksek ( $P = 0,026$ ), metanol ile benzer bulunmuştur ( $P = 0,116$ ).

**Sarımsak**

Farklı çözücülerle ekstrakte edilen sarımsağın disk difüzyon çapları Çizelge 3’te verilmiştir. Buna göre, sulu ekstraktların hiçbir *E. coli* suşuna antimikrobiyal etki göstermediği, aseton ekstraktının oluşturduğu zonların da sulu ekstraktlardan farklı olmadığı belirlenmiştir. Buna karşın, sarımsak etanol ekstraktının EC3 suşuna karşı diğer ekstraktlardan daha yüksek ( $P = 0,012$ ), EC1 suşuna karşı aseton ekstraktıyla benzer ( $P = 0,099$ ) fakat diğer ekstraktlardan daha yüksek ( $P = 0,037$ ), EC4, EC5 ve EC6 suşlarına karşı metanol ekstraktıyla benzer ( $P = 0,068$ ,  $P = 0,376$ ,  $P = 0,099$ ) fakat diğer ekstraktlardan daha yüksek (sırasıyla  $P = 0,031$ ,  $P = 0,046$ ,  $P = 0,037$ ) antimikrobiyal etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, sarımsak ekstraktlarının EC2 suşuna karşı antimikrobiyal etki göstermediği belirlenmiştir ( $P = 0,081$ ).

Çizelge 1. Farklı solventlerde ekstrakte edilen zencefil, sarımsak ve nane yaprağının ekstraksiyon verimi (%)

Table 1. Extraction yield (%) of ginger, garlic and mint leaves extracted using different solvents

Çözücüler	Zencefil	Sarımsak	Nane
Etanol	4,92 <sup>b</sup> ± 0,60 <sup>B</sup>	1,13 <sup>c</sup> ± 1,09 <sup>C</sup>	7,48 <sup>b</sup> ± 0,43 <sup>A</sup>
Metanol	5,93 <sup>b</sup> ± 2,93 <sup>C</sup>	10,60 <sup>b</sup> ± 0,91 <sup>B</sup>	15,55 <sup>a</sup> ± 0,79 <sup>A</sup>
Aseton	7,55 <sup>b</sup> ± 2,86 <sup>A</sup>	2,25 <sup>c</sup> ± 1,21 <sup>B</sup>	6,47 <sup>b</sup> ± 1,61 <sup>A</sup>
Su	12,28 <sup>a</sup> ± 1,13 <sup>B</sup>	30,45 <sup>a</sup> ± 2,64 <sup>A</sup>	15,15 <sup>a</sup> ± 2,50 <sup>B</sup>
P değeri	0,013	<0,001	<0,001

<sup>abc</sup>Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $P < 0,05$ ). <sup>ABC</sup>Aynı satırda farklı harfleri taşıyan ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $P < 0,05$ ).

Çizelge 2. Farklı çözücüler kullanılarak hazırlanan zencefil ekstraktlarının *E. coli* suşları üzerine inhibisyon zon çapları (mm)Table 2. Diameter of zones of inhibition (mm) of ginger extracts prepared using different solvent against *E. coli* strains

Çözücüler	<i>E. coli</i> suşları					
	Z10 (EC1)	Z9 (EC2)	Z11 (EC3)	Z13 (EC4)	Z2 (EC5)	Z3 (EC6)
Etanol	8,83 ± 1,61	7,83 <sup>a</sup> ± 1,44	8,17 ± 1,61	8,83 <sup>a</sup> ± 1,15	7,50 ± 0,50	7,50 ± 0,87
Metanol	6,67 ± 0,58	7,33 <sup>a</sup> ± 0,58	7,50 ± 0,50	7,50 <sup>ab</sup> ± 0,87	7,83 ± 1,44	7,00 ± 0,00
Aseton	6,50 ± 0,87	6,00 <sup>b</sup> ± 0,00	7,00 ± 1,73	6,33 <sup>b</sup> ± 0,58	7,67 ± 1,15	7,00 ± 1,73
Su	6,00 ± 0,00	6,00 <sup>b</sup> ± 0,00	6,00 ± 0,00	6,00 <sup>b</sup> ± 0,00	6,00 ± 0,00	6,00 ± 0,00
P değeri	0,089	0,020	0,131	0,026	0,077	0,131

<sup>ab</sup>Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $P < 0,05$ ).

Çizelge 3. Farklı çözücüler kullanılarak hazırlanan sarımsak ekstraktlarının *E. coli* suşları üzerine inhibisyon zon çapları (mm)Table 3. Diameter of zones of inhibition (mm) of garlic extracts prepared using different solvent against *E. coli* strains

Çözücüler	<i>E. coli</i> suşları					
	Z10 (EC1)	Z9 (EC2)	Z11 (EC3)	Z13 (EC4)	Z2 (EC5)	Z3 (EC6)
Etanol	7,17 <sup>a</sup> ± 0,29	7,67 ± 0,29	7,00 <sup>a</sup> ± 0,00	7,33 <sup>a</sup> ± 0,29	7,83 <sup>a</sup> ± 1,04	7,17 <sup>a</sup> ± 0,29
Metanol	6,00 <sup>b</sup> ± 0,00	7,17 ± 1,26	6,00 <sup>b</sup> ± 0,00	6,33 <sup>ab</sup> ± 0,58	7,17 <sup>ab</sup> ± 1,26	6,33 <sup>ab</sup> ± 0,58
Aseton	6,33 <sup>ab</sup> ± 0,58	6,33 ± 0,58	6,00 <sup>b</sup> ± 0,00	6,00 <sup>b</sup> ± 0,00	6,00 <sup>b</sup> ± 0,00	6,00 <sup>b</sup> ± 0,00
Su	6,00 <sup>b</sup> ± 0,00	6,00 ± 0,00	6,00 <sup>b</sup> ± 0,00	6,00 <sup>b</sup> ± 0,00	6,00 <sup>b</sup> ± 0,00	6,00 <sup>b</sup> ± 0,00
P değeri	0,037	0,081	0,012	0,031	0,046	0,037

<sup>ab</sup>Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $P < 0,05$ ).

## Nane

Farklı çözücülerle hazırlanan nane ekstraktları disk difüzyon yönteminde çalışılan *E. coli* suşlarının hiçbirine karşı zon oluşturmamıştır. Dolayısıyla hazırlanan nane ekstraktlarının uygulanan disk difüzyon yöntemiyle, çalışmaya konu olan *E. coli* suşlarına karşı antimikrobiyal etkisi olmadığı belirlenmiştir.

## Tartışma

### Ekstraksiyon Verimi

Zencefil ekstraksiyonunda sıcak su ile elde edilen verimin, çalışmanın sonuçlarına benzer şekilde, metanol ile elde edilen verimden daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Bashir ve ark., 2015). Zencefilin metanol ekstraksiyon veriminin aseton ekstraksiyon veriminden daha yüksek elde edildiği bildirilmiştir (Ghasemzadeh ve ark., 2011). Buna karşın, mevcut çalışmada metanol ve aseton ekstraksiyon verimlerinde istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. Çalışmanın sonuçlarına benzer şekilde, zencefilin içindeki önemli aktif bileşikler olan 6, 8, 10-gingerol ve 6-şogaol eldesinde etanol ve metanolün benzer verim sağladığı bildirilmiştir (Hu ve ark., 2011).

Sarımsak ekstraksiyonunda su, saf metanol ve saf etanol çözücülerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada ekstraksiyon verimleri su ile %26,5, saf metanol ile %7, saf etanol ile %4 olarak tespit edilmiştir (Kalle ve ark., 2014). Benzer şekilde, mevcut çalışmada sulu ekstraksiyon en yüksek verimi elde ederken (%30,45), onu metanol (%10,6) ve etanol (%1,13) izlemiştir. Su ile gerçekleştirilen ekstraksiyonlarda en yüksek verimin elde edilmesi, çözücü polaritesinin yüksek olmasıyla ilişkili olabilir (Kim ve Lee, 2002). Nitekim, Butsat ve Siriamornpun (2016), çözücülerdeki polarite farklılıklarının bitkilerde bulunan biyoaktif bileşenlerin çözünürlüklerini etkilediğini bildirmiştir. Benzer şekilde, sarımsağın su ile ekstraksiyonunun etanol ve aseton ile ekstraksiyonundan daha yüksek ekstraksiyon verimi sağladığı bildirilmiştir (Cavalcanti ve ark., 2021).

Githaiga ve ark. (2018) saf su kullanılarak hazırlanan nane ekstraktının ekstraksiyon veriminin %1-3 arasında olduğunu bildirmiştir. Buna karşın, mevcut çalışmada nanenin sulu ekstraksiyonunda verim %15 olarak bulunmuştur. Bu farklılık, ekstraksiyonda kullanılan yöntemin farklı olmasından kaynaklanmış olabilir. Söz konusu çalışmada nane ekstraktlarının hazırlanmasında buhar destilasyonu yöntemi kullanılmışken mevcut çalışmada nane ekstraktları çözücü ekstraksiyonu yöntemiyle hazırlanmıştır. El-Tawab ve ark. (2018) ise %80 metanol kullanarak gerçekleştirilen nane ekstraksiyonu verimi %12,6 olarak bildirmiştir. Benzer şekilde, mevcut çalışmada nane yaprağının metanol ekstraksiyonunda verim %15 olarak bulunmuştur.

### Antimikrobiyal Etki

#### Zencefil

Zencefil sulu ekstraktlarının *E. coli* üzerine antimikrobiyal etkisi olduğu bildirilmiştir (Amrita ve ark., 2009). Buna karşın mevcut çalışmada zencefil sulu ekstraktlarının *E. coli* üzerine antimikrobiyal aktivite göstermemiştir. Benzer şekilde, Masoumian ve Zandi (2017), zencefilin sulu ekstraktlarının çoklu antibiyotik dirençli *E. coli* üzerine antimikrobiyal etkisi olmadığı,

buna karşın, alkol-su karışımı (%50-%50) ile hazırlanan ekstraktların *E. coli* üzerine antibakteriyal aktivite gösterdiği (agar difüzyon, 13 mm) bildirmiştir. Ekstraksiyonda kullanılan çözücülerin polariteleri ve kimyasal yapıları birbirinden farklı olduğu için bitkilerde farklı yapıda bulunan polifenoller farklı çeşit ve miktarlarda çözebilmektedir. Dolayısıyla farklı çözücülerden elde edilen ekstraktlar arasında toplam fenolik ve flavonoid miktarı ile antimikrobiyal etki bakımından farklılıklar tespit edilebilmektedir (Fatiha ve ark., 2012). Mevcut çalışmada farklı çözücü kullanılarak hazırlanan ekstraktlarının *E. coli* suşları üzerine farklı antimikrobiyal aktivite göstermeleri ekstraktlardaki biyokimyasal bileşiklerin çeşit ve miktarının birbirlerinden farklı olmasından kaynaklanmış olabilir.

#### Sarımsak

Sarımsak etanol (%70) ekstraktının *E. coli* üzerinde antimikrobiyal etkiye (agar well difüzyonu, 14,5 mm) sahip olduğu bildirilmiştir (Palaksha ve ark., 2010). Benzer şekilde, mevcut çalışmada sarımsak etanol ekstraktlarının *E. coli* üzerine antimikrobiyal aktivitelerinin diğer çözücülerden daha yüksek olmuştur. Çalışmanın sonuçlarıyla uyumlu olarak, sarımsak ekstraktının etlik piliçlerden izole edilen *E. coli* suşu üzerine antimikrobiyal etkide bulunduğu (agar well difüzyon, 3,1 mm) bildirilmiştir (Ziarlarimi ve ark., 2011). Buna karşın, Mukhtar ve Ghorri (2012), sulu sarımsak ekstraktının *E. coli* üzerine antibakteriyel aktivitesinin (disk difüzyon, 22 mm), %95 etanol ile hazırlanan ekstraktan (18 mm) daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Benzer şekilde, Abubakar (2009) sulu sarımsak ekstraktlarının *E. coli* üzerine antimikrobiyal etki bakımından etanol (%95) ekstraktlarına göre daha etkili olduğunu bildirmiştir. Mevcut çalışmada, tıbbi ve aromatik bitkilerin ekstraktları hazırlanırken etanol, metanol ve aseton ekstraktları 40°C'de kurutulmuş, sulu ekstraktların kurutulmasına ise 40°C ile başlanırken buharlaşmanın sağlanabilmesi için sıcaklık kademeli olarak 60°C'ye kadar çıkarılmıştır. Lee ve ark. (2011) sarımsak ekstraktlarına ısıl işlem uygulanmasının *E. coli* üzerine antimikrobiyal etkisini düşürdüğü bildirilmiştir. Mevcut çalışmada sulu ekstraktlarda *E. coli* suşları üzerine antimikrobiyal etki tespit edilmemesi, buharlaştırma aşamasında uygulanan sıcaklığın (60 °C) ekstrakt içerisindeki fenolik bileşenlere zarar vermesinden kaynaklanmış olabilir.

#### Nane

Nanenin (*Mentha spicata* L.) buhar destilasyonu ile hazırlanan sulu ekstraktlarının *E. coli* üzerine antimikrobiyal aktivitesi olduğu ve 13-15 mm arasında inhibisyon zonu oluşturduğu bildirilmiştir (Githaiga ve ark., 2018). Benzer şekilde, %70 etanol nane (*Mentha piperita* L.) (Hammadi ve Adnan, 2021) ve ultrasonik ekstraksiyon yöntemiyle hazırlanmış %80 metanol nane (*Mentha spicata* L.) (El-Tawab ve ark., 2018) ekstraktlarının *E. coli* üzerine antibakteriyel etki gösterdiğini bildirmiştir. Buna ilaveten, nanenin (*Mentha piperita* L.) etanol ekstraksiyonlarının antimikrobiyal aktivitelerinin buhar ekstraksiyonlarından daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Siddeeg ve ark., 2018). Buna karşın, mevcut çalışmada nane ekstraktlarının *E. coli* suşları üzerine antibakteriyel aktivitesinin olmadığı belirlenmiştir. Çalışmanın sonuçlarına benzer şekilde, Ziarlarimi ve ark. (2011), sarımsak ekstraktının *E. coli*'ye karşı

antimikrobiyal etkiye bulunurken nane (*Mentha* spp.) ekstraktlarının *E. coli* üzerine antimikrobiyal aktivite göstermediğini bildirmiştir. Çalışma sonuçlarının farklı olması, çalışmalarda kullanılan nanenin çeşidi, ekstraksiyon yöntemi ve *E. coli* suşlarının birbirinden farklı olmasından kaynaklanmış olabilir.

## Sonuç

Araştırma sonuçları, tıbbi ve aromatik bitkilerden olan zencefil ve sarımsak ekstraktlarının etlik piliçlerden izole edilen *E. coli* suşlarına karşı antimikrobiyal ajan olarak kullanılabilirliğini göstermiştir. Sarımsak etanol ekstraktlarının *E. coli* EC1, EC3, EC4, EC5 veya EC6 suşlarına karşı, zencefil etanol veya metanol ekstraktlarının ise *E. coli* EC2 veya EC4 suşlarına karşı kullanılabilirliğini göstermiştir. Buna ek olarak, mevcut çalışmaya konu olan ekstraktların söz konusu *E. coli* suşları üzerindeki minimum inhibisyon konsantrasyonlarının araştırıldığı çalışmalara ve daha yüksek antimikrobiyal etkinin oluşturulması amacıyla mevcut ekstraktların karışımlarının kullanıldığı araştırmalara ihtiyaç vardır.

## Kaynaklar

Abubakar E.-m. M. (2009). Efficacy of crude extracts of garlic (*Allium sativum* Linn.) against nosocomial *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pneumoniae* and *Pseudomonas aeruginosa*. *Journal of Medicinal Plants Research*, 3(4), 179-85.

Amrita V., Sonal D., Shalini R. (2009). Antibacterial effect of herbs and spices extract on *Escherichia coli*. *Electronic Journal of Biology*, 5(2), 40-4.

Azam M., Mohsin M., Saleemi M. K. (2019). Virulence-associated genes and antimicrobial resistance among avian pathogenic *Escherichia coli* from colibacillosis affected broilers in Pakistan. *Tropical Animal Health and Production*, 51(5), 1259-65. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-01823-3>.

Bakht J., Ali H., Khan M. A., Khan A., Saeed M., Shafi M., Islam A., Tayyab M. (2011). Antimicrobial activities of different solvents extracted samples of *Linum usitatissimum* by disc diffusion method. *African Journal of Biotechnology*, 10(85), 19825-35. <https://doi.org/10.5897/AJB11.229>.

Bashir S. F., Gurumayum S., Kaur S. (2015). *In vitro* antimicrobial activity and preliminary phytochemical screening of methanol, chloroform, and hot water extracts of ginger (*Zingiber officinale*). *In vitro*, 8(1), 176-80.

Beristain-Bauza S. D. C., Hernández-Carranza P., Cid-Pérez T. S., Ávila-Sosa R., Ruiz-López I. I., Ochoa-Velasco C. E. (2019). Antimicrobial activity of ginger (*Zingiber officinale*) and its application in food products. *Food Reviews International*, 35(5), 407-26. <https://doi.org/10.1080/87559129.2019.1573829>.

Butsat S., Siriamornpun S. (2016). Effect of solvent types and extraction times on phenolic and flavonoid contents and antioxidant activity in leaf extracts of *Amomum chinense* C. *International Food Research Journal*, 23(1), 180-7.

Cavalcanti V. P., Aazza S., Bertolucci S. K. V., Rocha J. P. M., Coelho A. D., Oliveira A. J. M., Mendes L. C., Pereira M. M. A., Morais L. C., Forim M. R. (2021). Solvent mixture optimization in the extraction of bioactive compounds and antioxidant activities from garlic (*Allium sativum* L.). *Molecules*, 26(19), 6026. <https://doi.org/10.3390/molecules26196026>.

El-Tawab A., Ammar A., Hamouda A., S El-Deen S. (2018). Interaction of some plant extracts with some antibiotics against *E. coli* from chickens. *Benha Veterinary Medical Journal*, 35(2), 107-19. <https://doi.org/10.21608/bvmj.2018.95989>.

Fatiha B., Khodir M., Farid D., Tiziri R., Karima B., Sonia O., Mohamed C. (2012). Research article optimisation of solvent extraction of antioxidants (phenolic compounds) from Algerian mint (*Mentha spicata* L.). *Pharmacogn Commun*, 2(4), 78.

Ghasemzadeh A., Jaafar H. Z., Rahmat A. (2011). Effects of solvent type on phenolics and flavonoids content and antioxidant activities in two varieties of young ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) extracts. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(7), 1147-54.

Githaiga B. M., Gathuru E. M., Waithaka P. N., Kiarie L. W. (2018). Determination of antibacterial activity of essential oils from mint (*Mentha spicata*) leaves on selected pathogenic bacteria. *Journal of Drugs and Pharmaceutical Science*, 2(2), 8-14. <https://doi.org/10.31248/JDPS2018.015>.

Gonelimali F. D., Lin J., Miao W., Xuan J., Charles F., Chen M., Hatab S. R. (2018). Antimicrobial properties and mechanism of action of some plant extracts against food pathogens and spoilage microorganisms. *Frontiers in Microbiology*, 9, 1639. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01639>.

Güngör B. Antibiyotige dirençli *Escherichia coli* suşlarına spesifik litik bakteriyofaj izolasyonu ve litik spektrumlarının belirlenmesi. Samsun: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü; 2023.

Halfaoui Z., Menoueri N. M., Bendali L. M. (2017). Serogrouping and antibiotic resistance of *Escherichia coli* isolated from broiler chicken with colibacillosis in center of Algeria. *Veterinary World*, 10(7), 830. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2017.830-835>.

Hammadi A. A., Adnan H. (2021). Determination antimicrobial activity from ethanolic extract of *Mentha piperita* L. (Peppermint). *Scientific Journal of Medical Research* 5(17), 1-6.

Hu J., Guo Z., Glasius M., Kristensen K., Xiao L., Xu X. (2011). Pressurized liquid extraction of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) with bioethanol: An efficient and sustainable approach. *Journal of Chromatography A*, 1218(34), 5765-73. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2011.06.088>.

Kallel F., Driss D., Chaari F., Belghith L., Bouaziz F., Ghorbel R., Chaabouni S. E. (2014). Garlic (*Allium sativum* L.) husk waste as a potential source of phenolic compounds: Influence of extracting solvents on its antimicrobial and antioxidant properties. *Industrial Crops and Products*, 62, 34-41. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.07.047>.

Kim D. O., Lee C. Y. (2002). Extraction and isolation of polyphenolics. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, 6(1), 11. 2.1-I. 2.12. <https://doi.org/10.1002/0471142913.fai0102s06>.

Lee W.-W., Son S.-K., Lee G.-R., Kim G.-H., Kim Y.-H. (2011). Antimicrobial effects of garlic extract against pathogenic bacteria. *Korean Journal of Veterinary Service*, 34(2), 167-78. <https://doi.org/10.7853/kjvs.2011.34.2.167>.

Ložienė K., Venskutonis P. R., Šipailienė A., Labokas J. (2007). Radical scavenging and antibacterial properties of the extracts from different *Thymus pulegioides* L. chemotypes. *Food Chemistry*, 103(2), 546-59. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.08.027>.

Masoumian M., Zandi M. (2017). Antimicrobial activity of some medicinal plant extracts against multidrug resistant bacteria. *Zahedan Journal of Research in Medical Sciences*, 19(11). <https://doi.org/10.5812/zjrms.10080>.

Mukhtar S., Ghori I. (2012). Antibacterial activity of aqueous and ethanolic extracts of garlic, cinnamon and turmeric against *Escherichia coli* ATCC 25922 and *Bacillus subtilis* DSM 3256. *International Journal of applied biology and pharmaceutical Technology*, 3(2), 131-6.

Palaksha M., Ahmed M., Das S. (2010). Antibacterial activity of garlic extract on streptomycin-resistant *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* solely and in synergism with streptomycin. *Journal of Natural Science, Biology, and Medicine*, 1(1), 12. <https://doi.org/10.4103/0976-9668.71666>.

- Shalayel M. H. F., Asaad A. M., Qureshi M. A., Elhoussein A. B. (2017). Anti-bacterial activity of peppermint (*Mentha piperita*) extracts against some emerging multi-drug resistant human bacterial pathogens. *Journal of Herbal Medicine*, 7, 27-30. <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2016.08.003>.
- Shang A., Cao S.-Y., Xu X.-Y., Gan R.-Y., Tang G.-Y., Corke H., Mavumengwana V., Li H.-B. (2019). Bioactive compounds and biological functions of garlic (*Allium sativum* L.). *Foods*, 8(7), 246. <https://doi.org/10.3390/foods8070246>.
- Siddeeg A., Salih Z. A., Mukhtar R. M., Ali A. O. (2018). Extraction and characterization of peppermint (*Mentha piperita*) essential oil and its assessment as antioxidant and antibacterial. *Gezira Journal of Engineering and Applied Sciences*, 13(1), 1-14.
- Solà-Ginés M., Cameron-veas K., Badiola I., Dolz R., Majó N., Dahbi G., Viso S., Mora A., Blanco J., Piedra-Carrasco N. (2015). Diversity of multi-drug resistant avian pathogenic *Escherichia coli* (APEC) causing outbreaks of colibacillosis in broilers during 2012 in Spain. *PLoS One*, 10(11), e0143191. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0143191>.
- Sun T., Ho C.-T. (2005). Antioxidant activities of buckwheat extracts. *Food Chemistry*, 90(4), 743-9. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.04.035>.
- Wani S. A., Naik H., Wagay J. A., Ganie N. A., Mulla M. Z., Dar B. (2022). Mentha: A review on its bioactive compounds and potential health benefits. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 14(4), 154-68. <https://doi.org/10.15586/qas.v14i4.1129>.
- Yassin A. K., Gong J., Kelly P., Lu G., Guardabassi L., Wei L., Han X., Qiu H., Price S., Cheng D. (2017). Antimicrobial resistance in clinical *Escherichia coli* isolates from poultry and livestock, China. *PloS One*, 12(9), e0185326. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185326>.
- Yeo Y. L., Chia Y. Y., Lee C. H., Sow H. S., Yap W. S. (2014). Effectiveness of maceration periods with different extraction solvents on *in-vitro* antimicrobial activity from Fruit of *Momordica charantia* L. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 4(10), 016-23. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2014.401004>.
- Ziarlarimi A., Irani M., Gharahveysi S., Rahmani Z. (2011). Investigation of antibacterial effects of garlic (*Allium sativum*), mint (*Menthe* spp.) and onion (*Allium cepa*) herbal extracts on *Escherichia coli* isolated from broiler chickens. *African Journal of Biotechnology*, 10(50), 10320-2. <https://doi.org/10.5897/AJB10.2513>