

**Antimicrobial properties of essential oils – animal health aspects**

L. Kovács<sup>1,2\*</sup>  
D. Nagy<sup>1</sup>  
L. Könyves<sup>1</sup>  
Á. Jerzsele<sup>3,4</sup>  
Á. Kerek<sup>3,4</sup>

1. Állatorvostudományi Egyetem,  
Állathigiéniai, Állomány-  
egészségtani Tanszék és  
Mobilklinika,  
H-1078 Budapest, István utca 2.

2. Poultry-Care Kft., Újszász

3. Állatorvostudományi Egyetem,  
Gyógyszertani és Méregtani  
Tanszék, Budapest,

4. Fertőző Állatbetegségek,  
Antimikrobiális Rezisztencia,  
Állatorvosi Közegészségügy és  
Élelmiszerlánc-biztonság Nemzeti  
Laboratóriuma, Állatorvostudományi  
Egyetem, Budapest

\*e-mail: kovacs.laszlo@univet.hu

# Gyógynövényekből kivont illóolajok antimikrobiális spektruma – állategészségügyi vonatkozások

Kovács László<sup>1,2\*</sup>, Nagy Dominika<sup>1</sup>, Könyves László<sup>1</sup>,  
Jerzsele Ákos<sup>3,4</sup>, Kerek Ádám<sup>3,4</sup>

## ÖSSZEFOGLALÁS

Az antimikrobiális szerekkel szembeni rezisztencia terjedése egyre növekvő közös állategészségügyi problémát jelent. Az Egy Egészség elve szerint a figyelem egyre inkább az alternatív megoldások felé irányul. Ezek egyik fő területe a gyógynövényekből kivonható illóolajok antimikrobiális hatékonyságának vizsgálata, amelyek kiválthatják az antibiotikumok használatát. Ezen túlmenően az illóolajok és az antibiotikumok együttes használata során azok szinergista vagy additív hatása is ma már tudományosan bizonyított. A szerzők jelen irodalmi összefoglalóban szakirodalmi adatok alapján bemutatják az egyes gyógynövények és a belőlük kivont illóolajok antimikrobiális hatékonyságát.

## SUMMARY

The spread of antimicrobial resistance is a growing public and animal health problem worldwide. In animal health industry, especially in livestock management the use of antibiotics for non-therapeutic purposes, mainly as prophylaxis and metaphylaxis can contribute to the increase of antibiotic resistance despite the number of regulations introduced. In line with the One Health approach, attention is increasingly turning to alternative solutions to decrease the consumption of antimicrobial drugs. One of the main areas of interest is the antimicrobial potency of essential oils extracted from medicinal plants, that can replace the use of antibiotics. Medicinal plants have been used for thousands of years; however, the exact composition and mechanism of action in microorganisms of essential oils derived from these plants are difficult to research. Despite these difficulties studies has shown promising results both in vitro and in vivo experiments. In addition, the synergistic or additive effect of essential oils when used in combination with antibiotics is now scientifically proven. In this literature review, the authors describe the antimicrobial efficacy of individual medicinal plants and essential oils extracted from them. This review focuses on the antimicrobial resistance and use of antibiotics in livestock especially in poultry. Different methods are described of evaluating the effectiveness of essential oils in vitro and in vivo studies including their potency against bacteria and biofilm, viruses and fungi, using diffusion or dilution methods under laboratory conditions and their effect on ileal microbiota, feed intake, daily gain weight, feed conversion ratio, mortality, blood cell profile, etc. under on-site conditions.

Az antimikrobiális rezisztencia terjedése napjaink egyik legégetőbb (állat)egészségügyi problémája. A nem megfelelő és túlzott antibiotikumhasználat nehezen vagy egyáltalán nem kezelhető fertőzések kialakulásához vezethet. A régóta alkalmazott antibiotikumok sok esetben ma már hatástalannak bizonyulnak, a multirezisztens baktériumok megjelenése pedig komoly gondot okoz, mivel már az újabban felfedezett antibiotikumok, valamint a végső megoldásként alkalmazott („last resort”) antibiotikumokkal szemben is egyre gyakrabban alakítanak ki rezisztenciát [1, 2].

Az antimikrobiális szerek túlzott alkalmazásának hatása megjelenik mind a humán-, mind az állategészségügyben, de még a mezőgazdaságban is [3]. A legújabb tudományos kutatásokon és felméréseken alapuló becslések szerint, amennyiben nem történik radikális változás vagy változtatás az antibiotikumok felhasználásának mértékében és módjában, az antibiotikumrezisztencia közvetlen hatásaképp, 2050-re évente tízmillió halálos áldozattal kell számolni (Ábra) [3, 4]. Az antibiotikumrezisztencia terjesztésében szerepet játszanak azok rezervoárjai, mint pl. a szennyezett föld, víz, a kórházak, ipari területek, mezőgazdasági hulladékok [5].

*Az antimikrobiális rezisztencia terjedése napjaink egyik legégetőbb állat- és humánegészségügyi problémája*



**ÁBRA.** Az antimikrobiális rezisztencia változása

Ha ilyen mértékben folytatjuk az antibiotikumok felhasználását, a legóvatosabb becslések szerint 2050-re átveszi a vezető halálozási okot az antimikrobiális rezisztencia következtében bekövetkező halálos esetek száma. Gazdasági jelentősége óriási, 2030-ra évi 3,4 milliárd USD-ban mérhető többletköltség, és 24 millió mélyszegénységbe kerülő ember életében mérhető a hatása [57]

**FIGURE.** Trends in antimicrobial resistance

If we continue to use antibiotics at this rate, the most conservative estimates suggest that by 2050 the leading cause of death will be deaths due to antimicrobial resistance. The economic impact is huge, with an additional cost of USD 3.4 billion per year by 2030 and a measurable impact on the lives of 24 million people living in extreme poverty [57]

Az antibiotikumok iránti kereslet a köztudatba kerülésük óta eltelt 60 évben ugrásszerűen megnőtt, használatuk egyre nagyobb mennyiségben és egyre szélesebb körben terjedt el, amivel megugrott a rezisztencia mértéke is [6].

**A rezisztencia legfőbb oka az antimikrobiális szerek nem előírászerű és nem megalapozott használata**

**Kína és Brazília a legnagyobb antibiotikum-felhasználók közé tartozik a haszonállattartásban**

**Európában tilos az állattenyésztésben az antibiotikumok hozamfokozás céljából történő felhasználása**

Ennek egyik legfőbb oka az antimikrobiális szerek nem előírászerű és nem megalapozott használata. A World Health Organization (WHO) szerint a megfelelő használat akkor valósul meg, ha a beteg a gyógyszert megfelelő okból, dózisban és szükséges ideig szedi, pontos tájékoztatással ellátva, amely a lehető legkisebb költséggel jár a beteget és a társadalmat illetően. Ha ezek közül bármelyik feltétel nem teljesül, azzal sérül a helyes használat [7]. A helytelen antibiotikum-felhasználás okai közé tartozik a hiányos tájékoztatás arról, hogy mely esetben szükséges az alkalmazásuk [7, 8], egyes országokban az antibiotikumok recept nélküli elérhetősége, valamint az, hogy a háztartásokban nagy számban megmarad az előírt, el nem fogyasztott antibiotikum, ami ok-okozati összefüggésben áll a nem megfelelő adagban, ideig és nem előírás szerinti alkalmazásukkal [7].

Az állategészségügyben, leginkább a fejlődő országokban, komoly problémát okozhat a nem terápiás céllal történő antibiotikumfelhasználás, legfőképp a profilaxisként és metaprofilaxisként, takarmányban vagy ivóvízben való alkalmazás [3, 5, 6, 9–11]. Kína és Brazília a legnagyobb antibiotikumfelhasználók közé tartozik a haszonállattartásban. Dél- és Délkelet-Ázsia intenzív állattartása egyre növekszik, ezzel együtt az antibiotikumok felhasználása is. 2030-ra egyes elemzők szerint szignifikánsan fog nőni az antibiotikumfelhasználás Indonézia (202%), Nigéria (163%), Mianmar (205%), Peru (160%) és Vietnám (157%) területén. Bangladesben a gazdálkodók 94,16%-a használ antibiotikumot, amiből a teljes antibiotikumfelhasználás 70%-a az állattartásban jelenik meg [12]. A hozamfokozásra adott antibiotikumok javítják a takarmányhasznosítás mértékét, ezzel gyorsítják a testtömeg-gyarapodást [3], amit a hatóanyag terápiás dózishoz képest kisebb dózisban történő alkalmazásával, teljes állományok kezelése során érnek el [5, 9]. Ezeket a szereket baromfifélékben gyakran a teljes felnevelés ideje alatt alkalmazzák [9]. A nem egyenletes felvétel következtében a vízzel, talajjal, bélsárral környezetbe került maradékanyag hozzájárul a környezet terheléséhez, ezáltal a rezisztencia terjedéséhez [3, 10, 13], az állati eredetű termékek, élelmiszerek révén pedig eljut a fogyasztókig [14], hozzájárulva a humán rezisztencia kialakulásához [10]. Az élelmiszer által közvetített antibiotikum-maradékanyagokat leírták sertés-, szárnyas- és marhahúsban, valamint sertésmájban, tejben, tojásban, halban és rákokban is [13].

A felszíni, valamint a szennyvizekben az antibiotikumok koncentrációja átlagosan 0,01–1,0 µg/l között ingadozik, tehát a főbb ivóvízforrásokban analitikai módszerekkel kimutathatók. Az antibiotikummaradvány a vizeken keresztül bejut a talajba, ahol a szer feldúsul. Az eddigi vizsgálatok során levegőből nem tudtak kimutatni antibiotikumot, valamint azok maradványait sem [13]. Zöldségekben és gyümölcsökben a trágyázás következtében szintén leírták már az antibiotikum-maradékanyagok jelenlétét [5, 9, 13].

A WHO mindezek miatt indítványozta az antibiotikumok hozamfokozás céljából történő felhasználásának tilalmát. Európában tilos az állattenyésztésben az antibiotikumok hozamfokozás céljából történő felhasználása, más országokban pedig, pl. Kanadában vagy az Egyesült Államokban, korlátozásokat vezettek be [9, 14, 15]. Az Európai Unió az 1831/2003/EK rendelete alapján tiltja a hozamfokozásra használt antibiotikumok alkalmazását [16]. A fejlődő országokban azonban továbbra is korlátozások nélkül alkalmazzák ezeket a szereket, mellyel részben képesek kompenzálni a rossz telephigiéniát, ill. tartástechnológiai körülményeket, ezáltal csökkentik az állattartók kiadásait és növelik a termelékenységet, ennek révén pedig a bevételt. Ennek ellenére az antibiotikumok hozamfokozás céljából történő használatának betiltása óta egy svéd felmérés szerint nem változott a termelékenység szintje [10]. Ez felveti a kérdést, hogy az antibiotikumok ilyen jellegű használata valóban anyagi haszonnal jár-e, hiszen azokat rendszerszerűen, folyamatos ütemezésben kell alkalmazni. Ez állandó kiadással jár, míg ha az adott telep befektet annak fejlesztésébe, pl. a higiéniai és járványvédelmi állapotok

javításába, a tartástechnológia fejlesztésébe, akkor az egyszeri nagyobb kiadás hosszabb távon megtérülő előnyökkel járhat.

Az említett tényezők mindegyike hozzájárulhat a rezisztens vagy multirezisztens baktériumok megjelenéséhez. A rezisztens *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Enterococcus* és *Campylobacter* törzsek legfőbb hordozói az élelmiszer-termelő állatok [9, 11]. A megfelelően megválasztott terápiás dózissal jó eséllyel megakadályozható a rezisztens patogén vagy fakultatív patogén, de akár kommenzális baktériumok szelektálódása, az ennél kisebb dózis viszont hozzájárul különböző mutációkon keresztül a rezisztencia kialakulásához [13].

## ANTIBIOTIKUMALTERNATÍVÁK

Az antibiotikum-rezisztencia a XXI. század problémája, ami ráirányította a figyelmet a különböző alternatívák keresésére [17, 18], amelyek sok esetben nemcsak antibakteriális, hanem tumorelleses vagy antivirális szerként is alkalmazhatóak [19].

## GYÓGYNÖVÉNYALAPÚ KÉSZÍTMÉNYEK ÉS AZOK ÖSSZETÉTELE

**A gyógynövényeket és azok kivonatait évezredek óta használják a népi gyógyászatban**

A gyógynövényeket és azok kivonatait évezredek óta használják a népi gyógyászatban, mind kozmetikai és mind gyógyászati célból [20]. A WHO felmérése szerint napjainkban az emberek 80%-a használ terápiás célból gyógynövényeket [21]. Ezek a növények, növényi részek általánosan 20–70%-ban két-három fő összetevőből állnak, de egyéb összetevők, pl. zsírsavak vagy különböző kényszármazékok is megtalálhatók bennük [20]. Az ezekből kivont illóolajok legfőképpen terpénekből, terpenoidokból, alifás és aromatikus részekből épülnek fel [22, 23]. Ezeket az olajokat egy-két tipikus fenolos összetevő jellemzi, úgy mint pl. a karvakrol vagy timol [22]. A kémiai összetétel meghatározása gázkromatográffal kapcsolt tömegspektrometriával (GC-MS) történik, amellyel azok százalékos aránya határozható meg [24–28].

A százalékos arányt befolyásolja az adott földrajzi környezet, a talajösszetétel, a talajművelési módszerek, ezen felül az adott év- és napszak, a begyűjtés, a tárolás és a feldolgozás, az illóolaj kinyerésének módszere a növényből, de az összetevők arányának vizsgálati módszere is hatással van az eredményre, ezért pontos, egységes illóolaj-összetétel nem határozható meg [23, 24]. Ahhoz, hogy a jövőben állatokon is alkalmazni lehessen illóolajokat, nemcsak a kémiai összetevők meghatározása a fontos, hanem az adagolás, tárolás módja, valamint azok fiziológiás és mikrobiális kölcsönhatásai is, pl. a bélmikrobiótával [24, 29]. Az illóolajok direkt alkalmazása esetében megoldást kell találni arra, hogy a reaktivitásukat, vagyis azon tulajdonságukat, amely által könnyedén kölcsönhatásba léphetnek a környezet vagy a takarmány egyes elemeivel, csökkentjük, miközben a biológiai aktivitásukat megőrizzük. Az illóolajok stabilitását sok tényező befolyásolhatja: a hőmérséklet, a fény, a különböző fémek, a víz és az oxigén mennyisége. Az illóolajok kölcsönhatásba léphetnek a takarmány egyes összetevőivel, ami befolyásolhatja azok működési mechanizmusát, pl. a nagy rosttartalmú takarmányok csökkentik a hatékonyságukat. Az UV-fény, a magas hőmérséklet, páratartalom mind oxidatív folyamatokat válthatnak ki az illóolajokban, befolyásolva azok biológiai hatásait. Ezek kivédésére új módszereket, pl. különleges kapszulázást fejlesztenek ki, amik megvédik az illóolajokat a környezet hatásaitól, azért, hogy előnyös tulajdonságaikat ki tudják fejteni. A mikroenkapszuláció során különböző anyagokkal (pl. liposzóma, protein-poliszacharid komplex) védik az illóolajat a külső hatásoktól. Ez két fő funkciót lát el: az oxidatív, fény, hőmérséklet stabilitásának és az illóolaj biológiai aktivitásának

**Az egyes növényekből kivont illóolajok összetételét számos tényező befolyásolhatja**

fenntartását, valamint hogy az illóolaj a megfelelő helyen (pl. vékonybél) fejtsse ki hatását [24, 30, 31].

Az illóolajok kinyerése történhet lepárlással, hidrodesszillációval, vízgőz-deszillációval vagy egyéb mechanikus úton, pl. hidegen sajtolással [20, 24, 32]. Az illóolajok hatékonyabb, azok aktív összetevőinek kinyerése érdekében olyan új technikák is megjelentek, mint a szuperkritikus folyadékextrakció (SCFE), szuperkritikus extrakció víz vagy szén-dioxid felhasználásával, ultrahangos asszisztált extrakció (UAE), mikrohullámos asszisztált extrakció (MAE), oldószermentes mikrohullámos asszisztált extrakció (SFME) és mikrohullámú hidrodifúzió és gravitáció (MHG) [24, 33].

## ILLÓOLAJOK IN VITRO VIZSGÁLATA

**A gyógynövények antibiotikus és gombaellenes hatását a - minimális gátló koncentráció, - minimális baktericid koncentráció és - minimális fungicid koncentráció meghatározásával végzik**

A gyógynövények antibiotikus és gombaellenes hatásának vizsgálatára két általánosan használt *in vitro* módszer létezik. Legtöbbször minimális gátló koncentráció (minimal inhibitory concentration, MIC), minimális baktericid koncentráció (MBC) és minimális fungicid koncentráció (MFC) meghatározást végeznek [22]; a másik lehetőség agaron történő gátlási zónák meghatározásával történik, papírkorong-difúziós módszerrel [26, 34, 35]. Az agaron történő meghatározásnál egy specifikus baktérium- vagy gombatörzslet oltanak szilárd táptalajra, majd az adott gyógynövény illóolajával, vagy kémiai komponensének oldatával átitatott szűrőpapírkorongot helyeznek a táptalaj felszínére. Az inkubációs idő után megfigyelhető, hogy kialakul-e gátlási zóna. Minél nagyobb a szűrőpapírkorong körüli zóna, annál erősebb gátló hatást fejtett ki az illóolaj a baktériumra vagy gombára [36].

A MIC az antimikrobiális hatású szerek azon legkisebb koncentrációja, amely hatásosan gátolja az adott baktériumtörzs/gomba növekedését, míg az MBC és MFC azon koncentráció, amely mellett már elpusztul az adott kórokozó [37, 38]. A MIC, MBC és MFC értékek meghatározásánál hígítási sort készítenek. Az illóolajok lipofil tulajdonságának áthidalása végett valamilyen oldószerben/detergensben hígítják az illóolajokat, mielőtt a hígítási sort elvégeznék. Ilyen pl. a dimetil-szulfid, metanol vagy etanol. A munkalemezre a tápleves bemérése után, az előre meghatározott hígítási sort készítik el, az adott illóolajjal, hatóanyaggal, amelyet a vizsgált baktérium- vagy gombatörzs standard csíraszámú mennyiségével kevernek, majd azt vizsgálják, hogy melyik az a legkisebb hígítás, amelyben még nem szaporodott a kórokozó [37].

**A vírusellenes hatékonyság vizsgálata vírustitrálással történik, adhezív sejttenyészet**

A vírusellenes hatékonyság vizsgálata történhet mikrolemezen, vírustitrálással adhezív sejttenyészetben. Az inkubációs idő elteltével a vírusok citopatogén hatásának mértékét vizsgálják meg különböző illóolajok koncentrációi mellett [39]. Az antivirális tulajdonság egyik lehetséges oka az inozin-monofoszfát-dehidrogenáz enzim, ami a guanin nukleotid *de novo* szintézisét gátolja. Ezt pl. kurkuma (*Curcuma longa*) esetében írtak le [40]. A legfontosabb vírusellenes hatékonyságot mutató gyógynövényeket az **1. táblázat** foglalja össze.

Az illóolajok biofilmellenes hatása meghatározható a minimális biofilmgátló koncentráció (minimal biofilm inhibitory concentration, MBIC) és a minimális biofilmeradikáló koncentráció (MBEC) vizsgálatával [37]. Humán eredetű *Pseudomonas aeruginosa* esetében a kerti bazsalikom (*Ocimum basilicum*) és az orvosi zsálya (*Salvia officinalis*) illóolaja is mutatott biofilmgátló hatást, valamint a már érett biofilm csökkenését tapasztalták. A kerti kakukkfű (*Thymus vulgaris*) illóolaja gátolta az *Enterococcus* biofilmképzését azzal, hogy befolyásolta a sejtegységet és az exopoliszacharid képzését [32]. A kurkuma (*Curcuma longa*) képes csökkenteni a biofilmképzésért felelős transzkripció gén expresszióját és csökkenti a virulenciafaktorok megjelenését [40].

A gyógynövényeket és az azokból kivont illóolajokat az antimikrobiális szerek hatékony kiváltására alkalmazhatják a jövőben. Széleskörű biocid aktivitásuk hatékonyan teheti ezeket akár multirezisztens baktériumok és gombák ellen is [22, 39, 41, 42].

**1. TÁBLÁZAT.** Egyes gyógynövények vírusellenes hatékonysága

Számos gyógynövény esetén az *in vitro* vizsgálatok hatékony vírusellenes hatékonyságot mutattak.

A legszélesebb körben vizsgált és legszélesebb vírusellenes hatékonyságot a kurkuma (*Curcuma longa*) mutatta

**TABLE 1.** The antiviral effectiveness of certain medicinal plants

*In vitro* studies have shown effective antiviral activity for a number of medicinal plants.

Turmeric (*Curcuma longa*) was the most widely studied and had the broadest antiviral efficacy

Vírusok	Gyógynövények	Forrás
Epstein–Barr vírus	<i>Curcuma longa</i>	[19]
Feline infectious peritonitis virus (FIPV)	<i>Curcuma longa</i>	[40]
Flock house virus (FHV)	<i>Curcuma longa</i>	
H1N1, H6N1	<i>Curcuma longa</i>	
Hepatitis C	<i>Syzygium aromaticum</i>	[19]
Herpes simplex	<i>Cinnamomum zeylanicum</i>	[19]
	<i>Foeniculum vulgare</i>	
	<i>Allium sativum</i>	
	<i>Mentha piperita</i>	[20]
	<i>Syzygium aromaticum</i>	[19, 20]
	<i>Thymus vulgaris</i>	[20]
	<i>Lavandula officinalis</i>	
	<i>Curcuma longa</i>	[40]
	<i>Mentha pulegium</i>	[19]
	<i>Eucalyptus globulus</i>	[20]
HIV	<i>Eryngium</i>	[19]
	<i>Curcuma longa</i>	[40]
Influenza A	<i>Cinnamomum zeylanicum</i>	[19]
	<i>Thymus vulgaris</i>	
	<i>Malva sylvestris</i>	
	<i>Matricaria chamomilla</i>	
	<i>Portulaca orelacea</i>	
	<i>Melissa officinalis</i>	
Influenza B	<i>Allium sativum</i>	[19]
Newcastle disease virus	<i>Tribulus terrestris</i>	[19]
Parainfluenza-vírus 3	<i>Foeniculum vulgare</i>	[19]
	<i>Curcuma longa</i>	[40]
Respiratory syncytial virus (RSV)	<i>Curcuma longa</i>	[40]
SARS-CoV-2	<i>Melissa officinalis</i>	[19]

**Az illóolajok és az antibiotikumok kombinációja megoldást csökkenti a rezisztencia mértékét**

A kémiai hatóanyagok közül pl. a karvakrol, eugenol vagy a cinnamaldehyd fungicid hatást fejtenek ki *Candida albicans* ellen, azon törzsek esetében is, amelyek rezisztensek voltak a szokásos gombaellenes szerekkel, mint pl. az amphotericin-B-vel vagy a flukonazollal szemben [39].

Az illóolajok kombinációja a klinikumban használt antibiotikumokkal megoldást jelenthet az antimikrobiális szerekkel szembeni rezisztencia csökkentésére [43, 44]. Az illóolajok visszaállíthatják az antibiotikumokkal szembeni érzékenységet és kiszélesíthetik az antimikrobiális spektrumot. Multirezisztens baktériumokkal szemben bizonyos illóolajok és antibiotikumok kombinációja növelheti az adott baktérium érzékenységét. *In vitro* vizsgálatok során az ajovan (*Trachyspermum ammi*) és timol kombinációja képes volt növelni a ciprofloxacín hatását *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* és *Streptococcus pneumoniae*-vel szemben [43]. Ennek az oka, hogy ezen illóolajok nemcsak a membrán egységét képesek megbontani, hanem a fehérjék és örökítőanyag szintézisét is befolyásolják, ezzel erősítve a ciprofloxacín DNS-szintézist gátló hatását. Ugyanezen illóolajok erősítették az

**2. TÁBLÁZAT.** Egyes gyógynövények fontosabb Gram-pozitív baktériumellenes hatékonysága, a megállapított minimális gátló-koncentráció (MIC) értékek tükrében

A leginkább hatékonyak, a kakukkfű (*Thymus vulgaris*) kivonata bizonyult, 3 µg/ml koncentrációban, *Staphylococcus aureus* ellen

**TABLE 2.** The major Gram-positive antibacterial efficacy of some medicinal plants in the light of established minimum inhibitory concentration (MIC) values

The most effective was thyme (*Thymus vulgaris*) extract at a concentration of 3 µg/ml, against *Staphylococcus aureus*

Baktériumfaj	MIC	Gyógynövények	Forrás
<i>Bacillus megaterium</i>	16 µL (25% v/v)	<i>Trachyspermum ammi</i>	[33]
	14 µL (25% v/v)	<i>Myristica fragrans</i>	
<i>Bacillus subtilis</i>	12 µL (25% v/v)	<i>Trachyspermum ammi</i>	
	10 µL (25% v/v)	<i>Myristica fragrans</i>	
<i>Staphylococcus aureus</i>	4 mg/ml	<i>Trachyspermum ammi</i>	[43]
	8 mg/ml		
	8 mg/ml		[21]
	0,00625 mg/ml		[33]
	10 µL (25% v/v)		<i>Thymus vulgaris</i>
	0,003 mg/ml		
	0,125 mg/ml		
	0,125 mg/ml		
	0,00625 mg/ml	<i>Dracocephalum kotschyi</i>	
	<i>Streptococcus dysenteriae</i>	8 µL (25% v/v)	<i>Myristica fragrans</i>
0,0125 mg/ml		<i>Trachyspermum ammi</i>	[21]
0,0125 mg/ml		<i>Dracocephalum kotschyi</i>	
<i>Streptococcus pneumoniae</i>	0,25 mg/ml	<i>Trachyspermum ammi</i>	[43]
	0,125 mg/ml		
	0,50 mg/ml		
	0,25 mg/ml		
	4 mg/ml	<i>Thymus vulgaris</i>	[43]
	0,125 mg/ml		
	0,25 mg/ml		
	0,25 mg/ml		

**3. TÁBLÁZAT.** Egyes gyógynövények fontosabb Gram-negatív baktériumellenes hatékonysága, a megállapított minimális gátló-koncentráció (MIC) értékek tükrében

A leginkább hatékonyak, az északi sárkányfű (*Dracocephalum kotschyi*) és Ajovan (*Trachyspermum ammi*) kivonatok bizonyultak, 0,0125 mg/ml koncentrációban *Escherichia coli* és *Pseudomonas aeruginosa* ellen

**TABLE 3.** The major Gram-negative antibacterial efficacy of some medicinal plants in the light of established minimum inhibitory concentration (MIC) values

The most effective ones were northern dragongrass (*Dracocephalum kotschyi*) and Ajovan (*Trachyspermum ammi*) extracts at a concentration of 0.0125 mg/ml against *Escherichia coli* and *Pseudomonas aeruginosa*

Baktériumfaj	MIC	Gyógynövény	Forrás
<i>Escherichia coli</i>	2,52 mg/ml	<i>Cinnamomum zeylanicum</i>	[34]
	1,118 mg/ml	<i>Cymbopogon citratus</i>	
	1,106 mg/ml	<i>Litsea cubeba</i>	
	9,15 mg/ml	<i>Ocimum basilicum</i>	[34]
	0,571-2,287 mg/ml		[35]
	1,14 mg/ml	<i>Mentha piperita</i>	[34]
	17,8 mg/ml	<i>Pelargonium graveolens</i>	
	1,318 mg/ml	<i>Syzygium aromaticum</i>	
	0,293 mg/ml	<i>Origanum vulgare</i>	[35]
	0,293-1,183 mg/ml		[35]
	0,146-0,585 mg/ml	<i>Thymus vulgaris</i>	[35]
	0,139-2,232 mg/ml	<i>Salvia sclarea</i>	[35]
	0,152-2,445 mg/ml	<i>Illicium verum</i>	[35]
	12 µl (25% v/v)	<i>Myristica fragrans</i>	[33]
	14 µl (25% v/v)	<i>Trachyspermum ammi</i>	[33]
	0,0125 mg/ml		[21]
0,0125 mg/ml	<i>Dracocephalum kotschyi</i>	[21]	
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	1,25 mg/ml	<i>Melaleuca alternifolia</i>	[22]
	12,5 mg/ml	<i>Eucalyptus radiata</i>	
	0,5 mg/ml	<i>Origanum vulgare</i>	
	0,5 mg/ml	<i>Thymus vulgaris</i>	
	1,25 mg/ml	<i>Syzygium aromaticum</i>	
	1,25 mg/ml	<i>Thuja plicata</i>	
	1,25 mg/ml	<i>Cinnamomum cassia</i>	
	2,5 mg/ml	<i>Cymbopogon flexuosus</i>	
	5 mg/ml	<i>Salvia sclarea</i>	
	5 mg/ml	<i>Lavandula angustifolia</i>	
	10 µl (25% v/v)	<i>Trachyspermum ammi</i>	[33]
<i>Proteus vulgaris</i>	8 µl (25% v/v)	<i>Myristica fragrans</i>	[33]
	12 µl (25% v/v)	<i>Trachyspermum ammi</i>	[33]
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	10 µl (25% v/v)	<i>Myristica fragrans</i>	[33]
	0,07 mg/ml	<i>Thymus vulgaris</i>	[43]
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	8 mg/ml		[43]
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0,0125 mg/ml	<i>Dracocephalum kotschyi</i>	[21]
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0,0125 mg/ml	<i>Trachyspermum ammi</i>	[21]
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	16 mg/ml		[43]



amoxicillin hatását a meticillin-rezisztens *Staphylococcus aureus* baktériummal szemben [43].

A legtöbb kutatás szerint az illóolajok hatékonyabbak lehetnek Gram-pozitív baktériumok ellen, aminek az oka lipofil tulajdonságuk, és ebből kifolyólag az, hogy penetrálni képesek a sejtfalon keresztül, ezzel megzavarva a membrán és a membránon belüli részek egységét és az energiatermelést [24, 32, 45, 46]. Salmonella esetében leírták, hogy a fahéjfa (*Cinnamomum zeylanicum*) illóolajában a cinnamaldehyd és az eugenol karbonilcsoportjuk által képes meggátolni az enzimek termelődését, ami megköti és inaktiválja a baktérium sejtfalát [47]. Továbbá gátolja a *Staphylococcus aureus* törzsek szaporodását a citromverbéna (*Aloysia triphylla*), ami a plazmamembrán szerkezeti egységét bontja meg, ezzel a citoplazma és a sejtszervecskék károsodását okozza, ami sejthalálhoz vezet [32]. A fontosabb Gram-pozitív baktériumfajokkal szembeni antimikrobiális hatékonyságot a 2. táblázat, míg a Gram-negatív baktériumokkal szemben tapasztalt hatékonyságot a 3. táblázat foglalja össze.

Az illóolajok gombaellenes hatása szorosan kötődik azok fenolt tartalmazó alkohol-összetevőjéhez. *In vitro* és *in vivo* hatékonyságot mutattak ki oregánó-illóolajának esetében, amit a karvakrol összetevőjének tulajdonítanak [23]. Az illóolajok gombák metabolizmusára kifejtett hatása kimutatható fluoreszcein-diacetát (FDA) felhasználásával, amely bejut az intakt sejtbe, ahol az addig színtelen és nem fluoreszcens vegyület hidrolízis útján egy polárosabb, sárgás-zöldes fluoreszcens anyaggá alakul át. Ennek gátlása illóolajok jelenlétében mutatja azok hatékonyságát gombákkal szemben. Ez a hatékonyság 20%-tól 60%-ig is terjedhet *Candida albicans* esetében, oregánó-, rozmaring-, levendula-, bazsalikom-, ánizs- és grapefruit-illóolaj adagolásával, különböző koncentrációban *in vitro* vizsgálatok alapján [48]. *Aspergillus fumigatus* esetén az egyes gyógynövények hatékonyságát a 4. táblázat foglalja össze.

**Az illóolajok gombaellenes hatása szorosan kötődik azok fenolt tartalmazó alkohol-összetevőjéhez**

**4. TÁBLÁZAT.** *Aspergillus fumigatus* esetén leírt minimális gátlókoncentráció (MIC) értékek egyes gyógynövények esetében  
A leghatékonyabbnak a citromverbéna (*Aloysia tryphilla*) bizonyult

**TABLE 4.** Minimum inhibitory concentration (MIC) values for *Aspergillus fumigatus* in certain medicinal plants  
The most effective was lemon verbena (*Aloysia tryphilla*)

Gombafaj	MIC	Gyógynövény	Forrás
<i>Aspergillus fumigatus</i>	0,855 mg/ml	<i>Aloysia tryphilla</i>	[34]
	>8,50 mg/ml	<i>Boswellia sacra</i>	
	5,05 mg/ml	<i>Cinnamomum zeylanicum</i>	
	>8,50 mg/ml	<i>Citrus aurantium</i>	
	8,70 mg/ml	<i>Citrus bergamia</i>	
	4,25 mg/ml	<i>Citrus limon</i>	
	4,25 mg/ml	<i>Citrus reticulata</i>	
	0,895 mg/ml	<i>Cymbopogon citratus</i>	
	4,575 mg/ml	<i>Eucalyptus globulus</i>	
	8,85 mg/ml	<i>Lavandula hybrida</i>	
	1,770 mg/ml	<i>Litsea cubeba</i>	
	9,15 mg/ml	<i>Ocimum basilicum</i>	
	1780 mg/ml	<i>Melaleuca alternifolia</i>	
	9,12 mg/ml	<i>Mentha piperita</i>	
	>8,90 mg/ml	<i>Pelargonium graveolens</i>	
8,95 mg/ml	<i>Syzygium aromaticum</i>		

ILLÓOLAJOK *IN VIVO* VIZSGÁLATA

Az *in vivo* vizsgálatok során kísérleti állatcsoportokat alakítanak ki, amely során meghatározott kórokozóval fertőzik az állományt [45, 49]. Egy vizsgálat során brojlercsirkék esetében kialakított csoportokat *Clostridium perfringens* baktériummal fertőztek, az adott illóolajokat, timol és karvakrol elegyét az egyes csoportok eltérő koncentrációban kapták. Összesen 448 brojlercsirkét 4 × 2-es elrendezésbe helyeztek, táplálékkiegészítőként az illóolajelegyet 0, 60, 120 és 240 mg/kg mennyiségben adagolták, minden mennyiség mellett egy kontroll és egy fertőzött csoportot alakítottak ki. Ezt a kísérletet hét alkalommal ismételték. A kísérlet során bakteriológiai vizsgálatokat folytattak, valamint a bélbeli elváltozások mértékét pontosították egy 0-tól 4-ig terjedő skálán. A bakteriológiai vizsgálatok során sterilen gyűjtöttek mintát az ileumból, majd real-time PCR-próba segítségével meghatározták a bélmikrobióta egyes összetevőit. Az eredmény azt mutatta, hogy bár a *Clostridium perfringens*-re nem volt hatással az illóolajelegy, azonban az elváltozások mértéke csökkent a 21–28. nap között. Az *Escherichia* nemzetség előfordulása az ileumban csökkent, az emelkedő hatóanyagok mennyiségével arányosan. A vakbél mikrobióta-összetételében befolyásolta a lactobacillusok számát, ahol a 60 mg/kg és a 120 mg/kg illóolajjal kezelt csoportban nőtt a számuk, míg a 28. napon az *Escherichia* szám csökkent, a *Clostridium perfringens* számát nem befolyásolta [49].

*Az illóolajok az in vivo kísérletekben az antimikrobiális hatásuk mellett a szervezet védekezőképességét is befolyásolják*

Mivel az illóolajoknak *in vivo* kísérletekben nem csupán a kórokozókkal szemben kifejtett antimikrobiális hatása érvényesül, hanem összetett folyamatok révén hatással vannak a szervezet védekezőképességére is, így ebben az esetben többféle paraméter nyomon követésére is van lehetőség. Egyik megközelítés a napi tömeggyarapodás folyamatos nyomonkövetése, a takarmányhasznosítás, a vágási súly és belső szervek tömegének mérése, valamint az elhullás mértéke [50].

Másik lehetőség, hogy a növekedés mértéke mellett hematológiai paramétereket, immunválaszt is mérünk. A lecentrifugált vérmintából biokémiai profil felállítása (glükóz, húgysav, totál koleszterin, trigliceridek, nagy sűrűségű lipoproteinhez (HDL) valamint alacsony sűrűségű lipoproteinhez (LDL) kötött koleszterolszint) szükséges. Immunológiai szempontból különböző kórokozókkal szembeni ellenanyagválasz mérésére van lehetőség. AHMADIAN és mtsai kísérletükben vizsgálták ezeket a paramétereket: 280 brojlercsirkét 7, egyenként 10 fős csoportra osztottak, összesen 4 ismétléssel. A hét csoportból 1 madárból ismétlésenként vért vettek további vizsgálatokhoz. A csoportok a következők voltak: 1. kontroll, 2. kakukkfűpor 1%, 3. kakukkfűpor 2%, 4. kakukkfűpor 3%, 5. szömörce 1%, 6. szömörce 2%, 7. szömörce 3%. A vércukorszint magasabb volt a kontrollcsoportban a 2., 3., 5. és 6. csoporthoz képest. A totál koleszterolszint csökkent a szömörccel kezelt csoportban a kontrollcsoportéhoz képest. Mindegyik kezelt csoportban csökkent a trigliceridek szintje, a 3–7. csoportban csökkent a HDL és mindegyik kezelt csoportban csökkent az LDL szintje [51].

ADEWOLE és mtsai gyógynövénykivonat adagolása során (timol, vanillin és eugenol) leírták, hogy az illóolajkiegészítéssel etetett kísérleti csoportok esetében volt a legalacsonyabb az urea- és koleszterolszint a kontrollcsoportéhoz képest, és a véramiláz szintje legalább 10%-kal magasabb volt, mint más csoportokban [52].

A mikrobióta és a bélrendszer morfológiájának nyomon követése is alkalmas lehet az antibiotikumalternatívák hatásának megfigyelésére. A bélrendszeri baktériumoknak fontos befolyása van annak egészségre, valamint az állat növekedési erélyére. Feltehetőleg az illóolajok segítenek a bélbeli probiotikus baktériumok szabályozásában, kedvezően befolyásolhatják a bélhám morfológiáját és fiziológiai funkcióját, ezzel hozzájárulhatnak a táplálékfelvétel növekedéséhez [53].

Ennek megítélésére mérték a vékonybél különböző szakaszain (duodenum, jejunum, ileum) a bélbolyhok magasságát [52, 53], a vakbélből származó minta összetételét [52, 54, 55]. A bélbolyhok morfológiáját mind makroszkopikusan mind mikroszkopikusan vizsgálták, az összehasonlítást szakirodalom és előzetes kutatások alapján végezték. A megfigyelt paraméterek: a hámréteg vastagsága, enterocyták proliferációja, a kehelysejtek növekedése, valamint az esetleges elváltozások összehasonlítása [52]. Xue és mtsai összesen 720 egyedszámú, 1 napos brojlercsirkét osztottak fel 3 csoportra, mindegyik csoportban 30–30 csirkével, a kísérletet 8 ismétléssel elvégezve. Az első csoport a kontrollcsoport volt, a második aureomicin-kiegészítést kapott, míg a harmadik csoport gyógynövénykivonat-keveréket kapott. Az illóolajkeverék összetétele: eukaliptusz (25%), karvakrol (35%), cinnamaldehyd (25%), kapszaicin-illóolaj (10%) és egyéb probiotikumok (5%), amelyeket hosszú láncú zsírsavakkal egészítettek ki. A kiegészítőket az előre összeállított indító, nevelő és befejező táphoz keverték. A testtömeg-gyarapodás mellett a 42. napon 3 madarat ismétlésenként (összesen 24 egyed) véletlenszerűen kiválasztottak, majd a boncolás során a jejunumból és ileumból gyűjtött paraffinos gyűjtött mintákból megvizsgálták a bélbolyhok magasságát (V), a kripták mélységét (C) és a két paraméter arányát (V/C). Az illóolaj-kiegészítés nem eredményezett szignifikáns különbséget a bélfal vastagságában, a villusok magasságában és a kripták mélységében a kontroll és az aureomicint kapó csoporthoz képest, azonban a V/C arány itt volt a legnagyobb. Ezen kívül szintén a 42. napon ismétlésenként 1 madárból vakbél tartalom mintát gyűjtöttek, amelyet PCR-analízissel vizsgáltak. Az illóolajok jelenléte meggátolta a kórokozók kolonizációját, míg a probiotikumok hozzájárultak a vakbélflóra diverzitásához. Továbbá az illóolajok hozzájárulnak a probiotikus baktériumok elszaporodásához, jelen vizsgálatban *Streptococcus* és *Bifidobacterium* fajokéhoz [53].

**A gyógynövények és a belőlük kinyert illóolajoknak antioxidáns hatása is van**

A gyógynövények és a belőlük kinyert illóolajok antioxidáns hatása is bizonyított [22, 24, 29, 45, 46, 53], mint pl. a kvercetin nevezetű hatóanyag [46], a muskotályz-sálya (*Salvia sclarea*), az eukaliptusz (*Eucalyptus globulus*), a kerti kakukkfű (*Thymus vulgaris*) vagy a teafa (*Melaleuca alternifolia*) illóolaja [22]. Ez a hatás gyulladáscsökkentő képességükből származtatható [24]. Az illóolajok kémiai szerkezete és redoxikáló tulajdonsága miatt képesek megkötni a szabadgyököket, eliminálni a szingulett oxigént. Az illóolajok serkentőleg hatnak az antioxidáns rendszerekre, mint pl. a szuperoxid-dizmutázra (SOD) vagy a glutation-peroxidázra. Brojlercsirkék esetében egyenlő arányú karvakrol/timol keverék 60, 100 és 200 mg/kg mennyiségben növelte a SOD aktivitását ( $p < 0,05$ ). Ugyanúgy aktivitásnövekedést írtak le gyömbér illóolajának adagolása esetében 150 mg/kg mennyiségben, valamint fahéjfa illóolajának 300 mg/kg mennyiségű adagolásakor [29]. A gyömbér képes megakadályozni a reaktív oxigén szabadgyökök képződését (reactive oxygen species, ROS), amelyek a lipidek, fehérjék és a DNS-t károsítása révén hozzájárulnak egyes betegségek, daganatok kialakulásához [24, 29].

**Az illóolajok a növekedést és termelékenységet is javíthatják**

Az illóolajok a növekedés és termelékenység serkentésére is megoldást nyújthatnak, valamint helyettesíthetik az antibiotikumok preventív alkalmazását az élelmiszertermelő állatok esetében [24, 29, 45, 46, 49–54, 56]. Eukaliptusz (*Eucalyptus globulus*) illóolaj adagolása esetében brojlercsirkékben, ahol 1 napos csirkéket, összesen 600 egyedet helyeztek el 5 csoportban (kontroll, 250, 500, 750, 1000 mg/kg illóolajkoncentráció), egyszerre 15–15 csirkével, 8-szor ismételve, kimutatták, hogy az eukaliptusz növekvő mennyiségben pozitívan hat a testtömeg-gyarapodásra [55].

ASADI és mtsai 500 brojlercsirkét helyeztek 5 kísérleti csoportba, a kísérletet négyszer ismételve. A csoportok közül az első a kontroll csoport, a második 1,5 g/kg, a harmadik 3 g/kg, a negyedik 4,5 g/kg, az ötödik 6 g/kg borsmenta (*Mentha piperita*) por kiegészítést kapott. A növendék táp adásának ideje alatt a negyedik csoportban szignifikáns különbség volt testtömeg-gyarapodásban a kontroll csoporthoz képest ( $p < 0,05$ ), a befejező táp adagolásakor pedig a harmadik, negyedik és ötödik csoport emelkedett ki, ebben a paraméterben, a kontroll

csoporthoz képest. A negyedik csoportban ezen kívül szignifikáns különbséget írtak le a takarmányhasznosításban [50].

Alternatívát jelenthetnek az illóolajok az ételek és alapanyagok tartósításában is, ahol kiválthatják a szintetikus tartósítószereket, mint pl. a benzolsavat, parabéneket, nitríteket, nitrátokat, kevesebb mellékhatással, mint a mesterséges anyagok. Ide tartozik pl. az eukaliptusz illóolaja, amelynek kismértékű toxicitását kimutatták *in vitro* és állatkísérletekben, valamint enyhe allergizáló hatását humán önkéntesek esetében. Orvosi zsálya is alkalmas lehet mint tartósítószer, 2,0%-os koncentrációban bakteriosztatikus hatást fejtett ki darált húson *Salmonella* Anatum és *Salmonella* Enteritidis törzsekkel szemben. Ebben a koncentrációban már az ízélmény romlott [20].

## EGYÉB ALTERNATÍVÁK

Az egyéb antibiotikumalternatívák közül meg kell még említeni a baktériumok egyes mechanizmusainak gátlásában, befolyásolásában való beavatkozási lehetőségeket, ilyen pl. a membránpermeabilitás fokozása, az effluxpumpák aktivitásának csökkentése, a kináz enzim és intrinsic antibiotikumrezisztencia gátlása, antiregulátorok, antibakteriális virulenciafaktorok, mikrobióta modulálása, bakteriofágok használata [17].

Másik megközelítési lehetőség azon táplálékkiegészítők használata, amely a mikrobióta helyreállítására és egészségének fenntartására helyezi a hangsúlyt [46, 56]. Ezek között felsorolható a pro- és prebiotikumok beépítése a takarmányozásba, a takarmány minőségének ellenőrzése, enzimkiegészítés, szerves savak adagolása [46], valamint ciklikus diguanozin-monofoszfát alkalmazása [56].

## MEGVITÁTÁS

Különösen fontos, hogy az állat- és közegészségügy területén közös gondolkodásra van szükség, hiszen a legóvatosabb becslések szerint is, ha ilyen mértékben folytatjuk az antibiotikumok használatát, akkor 2050-re a halálozási okok vezető szerepét veheti át [58]. Az antibiotikumalternatívák kutatásának egy kiaknázatlan területe lehet az olyan, a mai napig részben ismert biodiverzitással rendelkező terület, mint az Amazonas [59]. A modernkori orvoslás számos gyógyszere a trópusi esőerdőkből származik, az ottani őslakosok több évszázados, hagyományos tapasztalati tudására építve [60]. Kiemelten fontos feladatunk lenne ezt a tudást megőrizni és nem a feledés homályában veszni hagyni [61], hiszen a nyugati orvoslás, a kulturális változások és a gyógynövények élőhelyeihez való hozzáférés elvesztése a hagyományos gyógyászati ismeretek veszteséségnak kulcsszerepét töltik be [62].

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Az RRF-2.3.1-21-2022-00001 számú projekt a Helyreállítási és Ellenállóképességi Eszköz és Nemzeti Helyreállítási Alapból nyújtott támogatásával, az RRF-2.3.1-21 pályázati program finanszírozásában valósult meg.

## IRODALOM

1. Frieri M, Kumar K, Boutin A (2017) Antibiotic resistance. *J Infect Public Health* 10:369–378. <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2016.08.007>
2. Ghosh D, Veeraraghavan B, Elangovan R, Vivekanandan P (2020) Antibiotic Resistance and Epigenetics: More to It than Meets the Eye. *Antimicrob Agents Chemother* 64:e02225–19. <https://doi.org/10.1128/AAC.02225-19>
3. Samreen null, Ahmad I, Malak HA, Abulreesh HH (2021) Environmental antimicrobial resistance and its drivers: a potential threat to public health. *J Glob Antimicrob Resist* 27:101–111. <https://doi.org/10.1016/j.jgar.2021.08.001>
4. Shallcross LJ, Howard SJ, Fowler T, Davies SC (2015) Tackling the threat of antimicrobial resistance: from policy to sustainable action. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 370:20140082. <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0082>

5. Aslam B, Khurshid M, Arshad MI, Muzammil S, Rasool M, Yasmeen N, Shah T, Chaudhry TH, Rasool MH, Shahid A, Xueshan X, Baloch Z (2021) Antibiotic Resistance: One Health One World Outlook. *Front Cell Infect Microbiol* 11:71510. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2021.71510>
6. Davies J, Davies D (2010) Origins and evolution of antibiotic resistance. *Microbiol Mol Biol Rev* 74:417–433. <https://doi.org/10.1128/MMBR.00016-10>
7. Machowska A, Stålsby Lundborg C (2018) Drivers of Irrational Use of Antibiotics in Europe. *Int J Environ Res Public Health* 16:E27. <https://doi.org/10.3390/ijerph16010027>
8. Mboya EA, Sanga LA, Ngocho JS (2018) Irrational use of antibiotics in the Moshi Municipality Northern Tanzania: a cross sectional study. *Pan Afr Med J* 31:165. <https://doi.org/10.11604/pamj.2018.31.165.15991>
9. McEwen SA, Collignon PJ (2018) Antimicrobial Resistance: a One Health Perspective. *Microbiol Spectr* 6:. <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.ARBA-0009-2017>
10. Manyi-Loh C, Mamphweli S, Meyer E, Okoh A (2018) Antibiotic Use in Agriculture and Its Consequential Resistance in Environmental Sources: Potential Public Health Implications. *Molecules* 23:E795. <https://doi.org/10.3390/molecules23040795>
11. Dodds DR (2017) Antibiotic resistance: A current epilogue. *Biochem Pharmacol* 134:139–146. <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2016.12.005>
12. Hosain MZ, Kabir SML, Kamal MM (2021) Antimicrobial uses for livestock production in developing countries. *Vet World* 14:210–221. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2021.210-221>
13. Ben Y, Fu C, Hu M, Liu L, Wong MH, Zheng C (2019) Human health risk assessment of antibiotic resistance associated with antibiotic residues in the environment: A review. *Environ Res* 169:483–493. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.11.040>
14. Bartkiene E, Ruzauskas M, Bartkevics V, Pugajeva I, Zavistanaviciute P, Starkute V, Zokaityte E, Lele V, Dauksiene A, Grashorn M, Hoelzle LE, Mendybayeva A, Ryshyanova R, Gruzauskas R (2020) Study of the antibiotic residues in poultry meat in some of the EU countries and selection of the best compositions of lactic acid bacteria and essential oils against *Salmonella enterica*. *Poult Sci* 99:4065–4076. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.05.002>
15. Roth N, Käsbohrer A, Mayrhofer S, Zitz U, Hofacre C, Domig KJ (2019) The application of antibiotics in broiler production and the resulting antibiotic resistance in *Escherichia coli*: A global overview. *Poult Sci* 98:1791–1804. <https://doi.org/10.3382/ps/pey539>
16. (2003) Regulation (EC) No 1831/2003 of the European Parliament and of the Council of 22 September 2003 on additives for use in animal nutrition (Text with EEA relevance)
17. Wang C-H, Hsieh Y-H, Powers ZM, Kao C-Y (2020) Defeating Antibiotic-Resistant Bacteria: Exploring Alternative Therapies for a Post-Antibiotic Era. *Int J Mol Sci* 21:E1061. <https://doi.org/10.3390/ijms21031061>
18. Wang W, Li D, Huang X, Yang H, Qiu Z, Zou L, Liang Q, Shi Y, Wu Y, Wu S, Yang C, Li Y (2019) Study on Antibacterial and Quorum-Sensing Inhibition Activities of Cinnamomum camphora Leaf Essential Oil. *Molecules* 24:E3792. <https://doi.org/10.3390/molecules24203792>
19. Parham S, Kharazi AZ, Bakhsheshi-Rad HR, Nur H, Ismail AF, Sharif S, RamaKrishna S, Berto F (2020) Antioxidant, Antimicrobial and Antiviral Properties of Herbal Materials. *Antioxidants (Basel)* 9:E1309. <https://doi.org/10.3390/antiox9121309>
20. Wińska K, Mączka W, Łyczko J, Grabarczyk M, Czubaszek A, Szumny A (2019) Essential Oils as Antimicrobial Agents—Myth or Real Alternative? *Molecules* 24:E2130. <https://doi.org/10.3390/molecules24112130>
21. Zarei Yazdeldi M, Ghazaei C, Tasallot Maraghi E, Bakhshi A, Shukohifar M (2021) Evaluation of Antibacterial Synergism of Methanolic Extract of *Dracocephalum kotschyi* and *Trachyspermum ammi*. *Malays J Med Sci* 28:64–75. <https://doi.org/10.21315/mjms2021.28.6.7>
22. Kozics K, Bučková M, Puškárová A, Kalászová V, Cabicarová T, Pangallo D (2019) The Effect of Ten Essential Oils on Several Cutaneous Drug-Resistant Microorganisms and Their Cyto/Genotoxic and Antioxidant Properties. *Molecules* 24:E4570. <https://doi.org/10.3390/molecules24244570>
23. Sakkas H, Papadopoulou C (2017) Antimicrobial Activity of Basil, Oregano, and Thyme Essential Oils. *J Microbiol Biotechnol* 27:429–438. <https://doi.org/10.4014/jmb.1608.08024>
24. Stevanović ZD, Bošnjak-Neumüller J, Pajić-Lijaković I, Raj J, Vasiljević M (2018) Essential Oils as Feed Additives—Future Perspectives. *Molecules* 23:E1717. <https://doi.org/10.3390/molecules23071717>
25. Liu F, Jin P, Gong H, Sun Z, Du L, Wang D (2020) Antibacterial and antibiofilm activities of thyme oil against foodborne multiple antibiotics-resistant *Enterococcus faecalis*. *Poult Sci* 99:5127–5136. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.06.067>
26. Kon K, Rai M (2012) Antibacterial activity of *Thymus vulgaris* essential oil alone and in combination with other essential oils. *Nusantara Bioscience* 4:. <https://doi.org/10.13057/nusbiosci/n040202>
27. Boruğă O, Jianu C, Mișcă C, Goleț I, Gruia AT, Horhat FG (2014) *Thymus vulgaris* essential oil: chemical composition and antimicrobial activity. *J Med Life* 7 Spec No. 3:56–60
28. Arasu A, Pingley V, Prabha N, O V R, Annathurai K, Kasirajan S, Govindasamy A, Alwahibi MS, Elshikh MS, Abdel Gawwad MR, Arockiaraj J (2021) Impact and fungitoxic spectrum of *Trachyspermum ammi* against *Candida albicans*, an opportunistic pathogenic fungus commonly found in human gut that causes Candidiasis infection. *J Infect Public Health* 14:1854–1863. <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2021.09.027>
29. Abd El-Hack ME, El-Saadony MT, Saad AM, Salem HM, Ashry NM, Abo Ghanima MM, Shukry M, Swelum AA, Taha AE, El-Tahan AM, AbuQamar SF, El-Tarabily KA (2022) Essential oils and their nanoemulsions as green alternatives to antibiotics in poultry nutrition: a comprehensive review. *Poult Sci* 101:101584. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101584>
30. Ebadollahi A, Jalali Sendi J, Setzer WN, Changbunjong T (2022) Encapsulation of *Eucalyptus largiflorens* Essential Oil by Mesoporous Silicates for Effective Control of the Cowpea Weevil, *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) (Coleoptera: Chrysomelidae). *Molecules* 27:3531. <https://doi.org/10.3390/molecules27113531>
31. Gupta P, Preet S, Ananya, Singh N (2022) Preparation of *Thymus vulgaris* (L.) essential oil nanoemulsion and its chitosan encapsulation for controlling mosquito vectors. *Sci Rep* 12:4335. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-07676-5>
32. Ebani VV, Mancianti F (2020) Use of Essential Oils in Veterinary Medicine to Combat Bacterial and Fungal Infections. *Vet Sci* 7:E193. <https://doi.org/10.3390/vetsci7040193>
33. Soni R, Sharma G, Jasuja ND (2016) Essential Oil Yield Pattern and Antibacterial and Insecticidal Activities of *Trachyspermum ammi* and *Myristica fragrans*. *Scientifica (Cairo)* 2016:1428194. <https://doi.org/10.1155/2016/1428194>
34. Ebani VV, Najar B, Bertelloni F, Pistelli L, Mancianti F, Nardoni S (2018) Chemical Composition and In Vitro Antimicrobial Efficacy of Sixteen Essential Oils against *Escherichia coli* and *Aspergillus fumigatus* Isolated from Poultry. *Vet Sci* 5:E62. <https://doi.org/10.3390/vetsci5030062>
35. Ebani VV, Nardoni S, Bertelloni F, Pistelli L, Mancianti F (2018) Antimicrobial Activity of Five Essential Oils against Bacteria and Fungi Responsible for Urinary Tract Infections. *Molecules* 23:E1668. <https://doi.org/10.3390/molecules23071668>
36. Samoila NR, Gaceu L (2019) Comparative Study Regarding the

Antimicrobial Activity of Eucalyptus, Mentha Piperita and Hippophae Rhamnoides – A Review

37. Wang L, Zhang K, Zhang K, Zhang J, Fu J, Li J, Wang G, Qiu Z, Wang X, Li J (2020) Antibacterial Activity of Cinnamomum camphora Essential Oil on Escherichia coli During Planktonic Growth and Biofilm Formation. *Front Microbiol* 11:561002. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.561002>

38. Camele I, Grufová D, Elshafie HS (2021) Chemical Composition and Antimicrobial Properties of Mentha × piperita cv. “Kristinka” Essential Oil. *Plants (Basel)* 10:1567. <https://doi.org/10.3390/plants10081567>

39. Brochot A, Guilbot A, Haddioui L, Roques C (2017) Antibacterial, antifungal, and antiviral effects of three essential oil blends. *Microbiologyopen* 6. <https://doi.org/10.1002/mbo3.459>

40. Moghadamtousi SZ, Kadir HA, Hassandarvish P, Tajik H, Abubakar S, Zandi K (2014) A review on antibacterial, antiviral, and antifungal activity of curcumin. *Biomed Res Int* 2014:186864. <https://doi.org/10.1155/2014/186864>

41. Gunasegaran T, Rathinam X, Kasi M, Sathasivam K, Sreenivasan S, Subramaniam S (2011) Isolation and identification of salmonella from curry samples and its sensitivity to commercial antibiotics and aqueous extracts of *Camelia sinensis* (L.) and *Trachyspermum ammi* (L.). *Asian Pac J Trop Biomed* 1:266–269. [https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(11\)60040-3](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(11)60040-3)

42. Sienkiewicz M, Łysakowska M, Pastuszka M, Bienias W, Kowalczyk E (2013) The potential of use basil and rosemary essential oils as effective antibacterial agents. *Molecules* 18:9334–9351. <https://doi.org/10.3390/molecules18089334>

43. Grădinaru AC, Trifan A, Șpac A, Brebu M, Miron A, Aprotosoia AC (2018) Antibacterial activity of traditional spices against lower respiratory tract pathogens: combinatorial effects of *Trachyspermum ammi* essential oil with conventional antibiotics. *Lett Appl Microbiol* 67:449–457. <https://doi.org/10.1111/lam.13069>

44. Yu Y, Dong J, Wang Y, Gong X (2021) RNA-seq analysis of antibacterial mechanism of *Cinnamomum camphora* essential oil against *Escherichia coli*. *PeerJ* 9:e11081. <https://doi.org/10.7717/peerj.11081>

45. Pham VH, Kan L, Huang J, Geng Y, Zhen W, Guo Y, Abbas W, Wang Z (2020) Dietary encapsulated essential oils and organic acids mixture improves gut health in broiler chickens challenged with necrotic enteritis. *J Anim Sci Biotechnol* 11:18. <https://doi.org/10.1186/s40104-019-0421-y>

46. Zhu Q, Sun P, Zhang B, Kong L, Xiao C, Song Z (2021) Progress on Gut Health Maintenance and Antibiotic Alternatives in Broiler Chicken Production. *Front Nutr* 8:692839. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.692839>

47. Alizadeh Behbahani B, Falah F, Lavi Arab F, Vasiee M, Tabatabaee Yazdi F (2020) Chemical Composition and Antioxidant, Antimicrobial, and Antiproliferative Activities of *Cinnamomum zeylanicum* Bark Essential Oil. *Evid Based Complement Alternat Med* 2020:5190603. <https://doi.org/10.1155/2020/5190603>

48. Bona E, Cantamessa S, Pavan M, Novello G, Massa N, Rocchetti A, Berta G, Gamalero E (2016) Sensitivity of *Candida albicans* to essential oils: are they an alternative to antifungal agents? *J Appl Microbiol* 121:1530–1545. <https://doi.org/10.1111/jam.13282>

49. Du E, Gan L, Li Z, Wang W, Liu D, Guo Y (2015) In vitro antibacterial activity of thymol and carvacrol and their effects on broiler chickens

challenged with *Clostridium perfringens*. *J Anim Sci Biotechnol* 6:58. <https://doi.org/10.1186/s40104-015-0055-7>

50. Asadi N, Husseini SD, Tohidian M-T, Abdali N, Mimandipoure A, Rafieian-Kopaei M, Bahmani M (2017) Performance of Broilers Supplemented With Peppermint (*Mentha piperita* L.) Powder. *J Evid Based Complementary Altern Med* 22:703–706. <https://doi.org/10.1177/2156587217700771>

51. Ahmadian A, Seidavi A, Phillips CJC (2020) Growth, Carcass Composition, Haematology and Immunity of Broilers Supplemented with Sumac Berries (*Rhus coriaria* L.) and Thyme (*Thymus vulgaris*). *Animals (Basel)* 10:E513. <https://doi.org/10.3390/ani10030513>

52. Adewole DI, Oladokun S, Santin E (2021) Effect of organic acids-essential oils blend and oat fiber combination on broiler chicken growth performance, blood parameters, and intestinal health. *Anim Nutr* 7:1039–1051. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2021.02.001>

53. Xue F, Shi L, Li Y, Ni A, Ma H, Sun Y, Chen J (2020) Effects of replacing dietary Aureomycin with a combination of plant essential oils on production performance and gastrointestinal health of broilers. *Poult Sci* 99:4521–4529. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.05.030>

54. Park JH, Kim IH (2018) Effects of a protease and essential oils on growth performance, blood cell profiles, nutrient retention, ileal microbiota, excreta gas emission, and breast meat quality in broiler chicks. *Poult Sci* 97:2854–2860. <https://doi.org/10.3382/ps/pey151>

55. Mohebodini H, Jazi V, Ashayerizadeh A, Toghiani M, Tellez-Isaias G (2021) Productive parameters, cecal microflora, nutrient digestibility, antioxidant status, and thigh muscle fatty acid profile in broiler chickens fed with *Eucalyptus globulus* essential oil. *Poult Sci* 100:100922. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.12.020>

56. Diarra MS, Malouin F (2014) Antibiotics in Canadian poultry productions and anticipated alternatives. *Front Microbiol* 5:282. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00282>

57. Antimicrobial Resistance in Africa: challenge to address while safeguarding farmers | Antimicrobial Resistance Research Hub. <https://amr.cgiar.org/blog/antimicrobial-resistance-africa-challenge-address-while-safeguarding-farmers>. Accessed 4 Dec 2022

58. O’Neill J (2016) Tackling drug-resistant infections globally: final report and recommendations

59. Barboza NL, Cruz JMDA, Corrêa RF, Lamarão CV, Lima AR, Inada NM, Sanches EA, Bezerra J de A, Campelo PH (2022) Burity (*Mauritia flexuosa* L. f.): An Amazonian fruit with potential health benefits. *Food Res Int* 159:111654. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111654>

60. Shah S, Bhat JA (2019) Ethnomedicinal knowledge of indigenous communities and pharmaceutical potential of rainforest ecosystems in Fiji Islands. *J Integr Med* 17:244–249. <https://doi.org/10.1016/j.joim.2019.04.006>

61. Voeks RA, Leony A (2004) Forgetting the forest: Assessing medicinal plant erosion in eastern Brazil. *Economic Botany* 58:S294–S306. [https://doi.org/10.1663/0013-0001\(2004\)58\[s294:ftfamp\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1663/0013-0001(2004)58[s294:ftfamp]2.0.co;2)

62. Alves RRN, Rosa IML (2007) Biodiversity, traditional medicine and public health: Where do they meet? *J Ethnobiol Ethnomedicine* 3. <https://doi.org/10.1186/1746-4269-3-14>

Közlésre érck.: 2023. január 16.