

DOI: <https://doi.org/10.36719/2789-6919/54/132-136>

Şəfiqə Süleymanova

Naxçıvan Dövlət Universiteti

<https://orcid.org/0000-0003-2986-3996>

shefiqesuleymanova@gmail.com

Şövkət Əlisoy

Naxçıvan Dövlət Universiteti

bakalavriat

<https://orcid.org/0009-0005-3759-5209>

alisoyshovkat@ndu.edu.az

Apiterapiya və fitoterapiya məhsullarından əldə olunan təbii mənşəli preparatların antifungal xüsusiyyətlərinin müəyyən edilməsi

Xülasə

Göbələk mənşəli infeksiyalar, xüsusilə *Candida*, *Aspergillus*, *Cryptococcus* və *Fusarium* növləri tərəfindən törədilən mikozlar, immun sistemi zəif olan fərdlərdə ciddi patoloji fəsadlara səbəb olur. Mövcud antifungal dərmanların toksikliyi və rezistentlik problemi təbii mənşəli alternativlərin tədqiqini zəruri edir. Bu araşdırmada apiterapiya məhsulları (bal, propolis, arı südü və arı zəhəri) və fitoterapiya komponentlərinin (sarımsaq, çay ağacı yağı, qara kimyon və nanohissəcikləşdirilmiş bitki ekstraktları) – antifungal aktivliyi və təsir mexanizmləri elmi ədəbiyyata əsasən sistemləşdirilmişdir. Məlumatların sistemləşdirilməsi zamanı antifungal aktivliyin növü, istifadə olunan təbii məhsulun konsentrasiyası və təsir mexanizmi kimi meyarlar əsas götürülmüşdür. Nəticələr göstərir ki, bu məhsullar göbələk hüceyrəsinin divarının və membranının struktur bütövlüyünü pozur, ergosterol biosintezini inhibə edir və oksidativ stressi artıraraq fungusid təsir göstərir. Propolis və bitki ekstraktlarının sinerjistik istifadəsi antifungal təsiri gücləndirir və rezistent suşlara qarşı effektivlik nümayiş etdirir. Bununla belə, standartlaşdırma, toksiklik və klinik tədqiqatların azlığı bu preparatların praktik tətbiqini məhdudlaşdırır. Araşdırma nəticəsində təbii mənşəli antifungal vasitələrin sintetik dərmanlara təhlükəsiz və effektiv alternativ ola biləcəyi qənaətinə gəlinmişdir.

Açar sözlər: apiterapiya, fitoterapiya, antifungal aktivlik, propolis, bal, allisin, *Candida albicans*, təbii preparatlar, nanohissəciklər

Shafiqə Süleymanova

Nakhchivan State University

<https://orcid.org/0000-0003-2986-3996>

shefiqesuleymanova@ndu.edu.az

Shovkat Alisoy

Nakhchivan State University

Bachelor student

<https://orcid.org/0009-0005-3759-5209>

alisoyshovkat@ndu.edu.az

Determination of Antifungal Properties of Natural Origin Preparations Obtained from Apitherapy and Phytotherapy Products

Abstract

Fungal infections, particularly mycoses caused by *Candida*, *Aspergillus*, *Cryptococcus*, and *Fusarium* species, lead to severe pathological complications in individuals with weakened immune systems. The toxicity and resistance issues associated with current antifungal drugs necessitate the investigation of natural-origin alternatives. In this study, the antifungal activity and mechanisms of action of apitherapy products (honey, propolis, royal jelly, and bee venom) and phytotherapy components (garlic, tea tree oil, black cumin, and nanoparticulated plant extracts) were systematized.

based on scientific literature. During data systematization, criteria such as the type of antifungal activity, the concentration of the natural product used, and its mechanism of action were considered fundamental.

The findings indicate that these natural products disrupt the structural integrity of fungal cell walls and membranes, inhibit ergosterol biosynthesis, and exert fungicidal effects by increasing oxidative stress. The synergistic combination of propolis and plant extracts enhances antifungal efficacy and demonstrates effectiveness against resistant strains. However, limitations such as insufficient standardization, toxicity evaluation, and a lack of clinical trials restrict the practical application of these preparations. The study concludes that natural antifungal agents may serve as safe and effective alternatives to synthetic drugs.

Keywords: *apitherapy, phytotherapy, antifungal activity, propolis, honey, allicin, Candida albicans, natural preparations, nanoparticles*

Giriş

Göbək mənşəli infeksiyalar (mikozlar) insan sağlamlığı üçün ciddi təhlükə törədir. İmmun sistemi zəifləmiş xəstələrdə rast gəlinən *Candida albicans*, *Aspergillus fumigatus*, *Cryptococcus neoformans* və *Fusarium oxysporum* kimi növlər sistemli və dərialtı infeksiyalara səbəb olur (Cowan, 1999). Mövcud antifungal dərmanların – flukonazol, itrakonazol, vorikonazol və amfoterisin B – istifadəsi zamanı hepatotoksiklik, nefrotoksiklik və rezistentlik kimi problemlər müşahidə olunur (CLSI, 2017). Buna görə də təbii mənşəli, təhlükəsiz və bioloji aktiv antifungal maddələrin tədqiqi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

Apiterapiya və fitoterapiya bu baxımdan mühüm tədqiqat istiqamətləridir. Arı məhsulları – bal, propolis, arı südü və arı zəhəri – flavonoidlər, fenolik turşular, fermentlər və peptidlər kimi bioaktiv komponentlərlə zəngindir və bunlar mikroorqanizmlərə qarşı təsir göstərir (Sforcin, 2007). Eyni zamanda, fitoterapevtik məhsullar – sarımsaq (*Allium sativum*), çay ağacı yağı (*Melaleuca alternifolia*), qara kimyon (*Nigella sativa*), yaşıl çay (*Camellia sinensis*) və digərləri – antifungal xüsusiyyətli təbii maddələr ehtiva edir (Iacob et al., 2025). Bu maddələr göbək hüceyrə divarının inteqrasiyasını pozur, ergosterol sintezini bloklayır və oksidativ stressi artırır (Feng et al., 2025).

Bu məqalənin məqsədi apiterapiya və fitoterapiya məhsullarının antifungal aktivliklərini və təsir mexanizmlərini elmi ədəbiyyata əsaslanaraq sistemləşdirmək, həmçinin, gələcək klinik və farmakoloji perspektivləri qiymətləndirməkdir.

Tədqiqat

Təbii mənşəli preparatların antifungal təsiri müxtəlif biokimyəvi mexanizmlərlə əlaqələndirilir. Arı məhsulları, xüsusilə bal və propolis, tərkibindəki flavonoidlər, fenolik turşular, aromatik aldehidlər və üzvi turşular sayəsində göbəklərin metabolik aktivliyini azaldır, hüceyrə divarını və membranını zədələyir (Sforcin, 2007; El-Didamony et al., 2024). Balda mövcud olan qlükoza oksidaza fermenti hidrogen peroksid əmələ gətirərək oksidativ stress yaradır və bu, *Candida albicans* hüceyrələrinin nekrozuna səbəb olur (Al-Waili et al., 2011). Balın osmotik təsiri də antifungal mexanizmin tərkib hissəsidir, çünki yüksək şəkər konsentrasiyası hüceyrə daxilində su itkisiylə nəticələnir və metabolik prosesi pozur.

Propolis müxtəlif coğrafi mənşəyə malik tərkibinə görə dəyişkən olsa da, bütün növləri flavonoid və fenolik komponentlərlə zəngindir. Brazil red propolis (BRP) antifungal təsir gücünə görə ən çox tədqiq olunan növlərdəndir. Sforcin (2007) və Burger və əməkdaşlarının (2015) işlərində göstərilir ki, BRP ekstraktı *Candida albicans*, *Candida glabrata* və *Aspergillus niger* üzərində fungisid təsir göstərir. Nəticələrə əsasən, 100 µg/mL konsentrasiyada propolis 80%-ə qədər hüceyrə canlılığını azaldır və mikroskopik analizlərdə hüceyrə divarının parçalanması, sitoplazmada vakuolizasiya və membran deqradasiyası müşahidə olunur.

Apiterapiya məhsullarından biri olan arı südü tərkibində 10-hidroksi-2-dekəns turşusu (10-HDA) ilə seçilir. Bu maddə hüceyrə divarının lipid tərkibini dəyişərək antifungal təsir göstərir. Arı zəhərinin əsas komponentlərindən biri olan melittin isə antifungal aktivliyi olan katyonik peptid hesab olunur. Melittin göbək hüceyrəsinin membranına bağlanır və onun keçiriciliyini artırır (El-Didamony et al.,

2024). Bununla belə, arı məhsullarının antifungal gücü onların mənşəyi, tərkibindəki polifenol konsentrasiyası və pH göstəricilərindən asılı olaraq dəyişir.

Fitoterapevtik məhsullar arasında sarımsaq ekstraktı (*Allium sativum*) xüsusi yer tutur. Onun əsas bioaktiv komponenti olan allisin göbələk hüceyrələrinin protein tiol qruplarına kovalent bağlanaraq fermentlərin funksional strukturunu pozur. Cowan (1999) tədqiqatlarında allisinin *Candida albicans* üçün MİK dəyərlərinin 0,3–0,8 µg/mL, *Cryptococcus neoformans* üçün isə 6–12 µg/mL olduğunu göstərmişlər. Bu nəticələr allisinin klassik azol qrupuna daxil olan antifungallarla müqayisədə daha aşağı MİK diapazonuna malik olduğunu təsdiqləyir.

Melaleuca alternifolia (çay ağacı) yağında olan terpinen-4-ol, α-terpinolen və γ-terpinen komponentləri hüceyrə membranının ergosterol sintezini bloklayır, nəticədə plazmatik membranın keçiriciliyi artır və hüceyrə lizisi baş verir (Carson et al., 2006). Qara kimyon (*Nigella sativa*) yağı tərkibindəki timoxinon sayəsində *Candida tropicalis* və *Aspergillus fumigatus* üzərində 75%-ə qədər böyümə inhibisiyası yaradır (Burger et al., 2015).

Yaşıl çay (*Camellia sinensis*) ekstraktları katexin, epikatexin və gallat törəmələrinin antifungal təsiri ilə diqqət cəkir. Iacob və əməkdaşlarının (2025) tədqiqatında 25% və 50% ekstrakt konsentrasiyalarının *C. albicans* və *C. parapsilosis* üzərində sınağı zamanı daha yüksək konsentrasiyada 28-30 mm-lik inhibisiya zonası müşahidə olunmuşdur.

Bundan əlavə, bitki mənşəli nanohissəcik sistemlərinin tətbiqi antifungal təsirin gücləndirilməsində mühüm rol oynayır. Bitkilərin bioaktiv maddələrindən biosintez edilmiş selen (Se) nanohissəcikləri *Fusarium* növlərinə qarşı 0,016–16 µg/mL diapazonunda MİK göstəriciləri ilə yüksək antifungal effektivlik nümayiş etdirmişdir (El-Didamony et al., 2024). Nanohissəciklər bioaktiv molekulların hüceyrə daxilində daşınmasını asanlaşdırır və onların stabil fəaliyyətini təmin edir.

Son illərdə tanık turşusu və onun törəmələrinin də antifungal aktivliyi diqqət cəkir. Feng və əməkdaşlarının (2025) apardığı araşdırma göstərmişdir ki, tanık turşusu göbələk hüceyrə divarının xitosan komponenti ilə qarşılıqlı təsirə girərək hüceyrə invazivliyini azaldır və virulentlik faktorlarının ekspressiyasını zəiflədir.

Əlavə olaraq, təbii komponentlərin kombinasiyası sinerjistik təsir göstərə bilər. Propolis və çay ağacı yağı birlikdə istifadə olunduqda *Candida albicans* üzərində MİK dəyərlərinin iki dəfə azalması qeydə alınmışdır. Bal və allisinin birlikdə tətbiqi isə oksidativ stressi artıraraq göbələk hüceyrələrinin metabolik aktivliyini əhəmiyyətli dərəcədə azaldır.

Bu məlumatlar göstərir ki, apiterapiya və fitoterapiya məhsulları fərqli mexanizmlərlə təsir etsə də, birgə istifadə edildikdə sinerjistik nəticələr əldə oluna bilər.

Müzakirə - Əldə olunan elmi nəticələr göstərir ki, təbii mənşəli antifungal preparatlar çoxşaxəli mexanizmlərlə təsir göstərir. Apiterapiya məhsullarının əsas komponentləri olan flavonoidlər və fenolik birləşmələr hüceyrə divarının əsas lipid strukturlarına təsir edir, membran keçiriciliyini artırır və sitoplazmatik zülalların denaturasiyasına səbəb olur. Bununla yanaşı, fenolik turşuların (xüsusilə galik turşusu və ferulik turşu) antifungal təsiri göbələk hüceyrələrinin oksidativ balansını pozaraq reaktiv oksigen növlərinin (ROS) artımına gətirib çıxarır (Cowan, 1999).

Fitoterapiya məhsullarının təsir mexanizmləri daha geniş spektri əhatə edir. Allisin, timoxinon, terpinen-4-ol və katexin kimi molekullar ergosterol biosintezinin əsas fermentlərini inhibə edir və membran strukturunun sabitliyini pozur. Bəzi hallarda isə bu maddələr mitoxondrial tənəffüs zəncirinə təsir göstərərək ATP sintezini azaldır. Bu mexanizmlər sintetik azol qrupundan olan dərmanların fəaliyyətinə bənzəsə də, təbii komponentlərin çoxfunksiyalı təsirə malik olması onları daha təhlükəsiz və effektiv alternativlərə çevirir (Weis et al., 2022; El-Didamony et al., 2024).

Nanotexnologiya-əsaslı formulalar bu təbii maddələrin effektivliyini artırmaq üçün mühüm vasitə kimi qiymətləndirilir. Bitki ekstraktlarının nanohissəciklər və ya liposomal sistemlərdə inkapsulyasiyası onların bioehtimallığını artırır, hədəf toxumalara çatdırmanı asanlaşdırır və toksiklik riskini azaldır (Feng et al., 2025).

Sinerjizm məsələsi antifungal terapiyanın inkişafında yeni strategiya kimi diqqət cəkir. Propolis, bal və bitki ekstraktlarının kombinasiyası zamanı müxtəlif təsir mexanizmlərinin birləşməsi nəticə-

sində daha güclü antifungal effekt müşahidə olunur. Bu hal fractional inhibitory concentration index (FICI) göstəricisinin 0,5-dən az olması ilə qiymətləndirilir.

Bununla yanaşı, təbii məhsulların istifadəsində bəzi məhdudiyyətlər mövcuddur. Onların kimyəvi tərkibi ətraf mühit, bitkinin mənşəyi və ekstraksiya metodundan asılı olaraq dəyişir, bu da standartlaşdırmanı çətinləşdirir. Apiterapiya məhsullarında, xüsusilə arı zəhəri və propolisdə allergik reaksiyalar ehtimalı vardır. Klinik tədqiqatların məhdudluğu və farmakokinetik parametrlərin qeyri-dəqiqliyi bu preparatların praktik tətbiqini hələ məhdudlaşdırır (Al-Waili et al., 2011).

Gələcək tədqiqatlar aşağı istiqamətlərdə inkişaf etdirilməlidir:

1. *Standartlaşdırma*: ekstraktların bioaktiv tərkibinin analizi və keyfiyyət nəzarəti metodlarının işlənməsi;

2. *Toksiklik və farmakokinetika*: uzunmüddətli təhlükəsizlik və bioehtimallıq tədqiqatlarının aparılması.

3. *Klinik sınaqlar*: təbii preparatların yerli və sistemli mikozaların müalicəsində effektivliyinin qiymətləndirilməsi;

4. *Kombinasiya terapiyaları*: təbii və sintetik antifungalların optimal nisbətlərinin müəyyənəndirilməsi;

5. *Nanotexnologiya*: təbii komponentlərin nano-daşıyıcı sistemlərdə formulasiya olunması ilə bioaktivliyin artırılması.

Bu istiqamətlər təbii mənşəli antifungal preparatların gələcəkdə klinik praktikaya inteqrasiyasını təmin edə bilər.

Nəticə

Apiterapiya və fitoterapiya məhsullarından əldə edilən təbii mənşəli maddələr geniş antifungal potensiala malikdir. Bal, propolis, sarımsaq, qara kimyon, çay ağacı yağı və yaşıl çay ekstraktları müxtəlif göbəkə növələrinə qarşı in vitro şəraitdə əhəmiyyətli inhibisiya göstərir. Onların sinerjistik istifadəsi antifungal təsiri daha da artırır və rezistent suşların qarşısının alınmasında perspektivli yanaşma təqdim edir.

Bu məhsulların kompleks tərkibi və çoxfunksiyalı təsir mexanizmləri onların farmakoloji əhəmiyyətini yüksəldir. Lakin standartlaşdırma, toksiklik və klinik təsdiqləmə kimi problemlərin həlli bu sahənin əsas məqsədlərindən biri olaraq qalır. Əldə edilən məlumatlar göstərir ki, apiterapiya və fitoterapiya mənşəli antifungal preparatlar gələcəkdə sintetik dərmanlara təhlükəsiz və effektiv alternativ ola bilər.

Ədəbiyyat

1. Al-Waili, N.S., Salom, K., Al-Ghamdi, A.A. (2011). Honey and microbial infections: A review supporting the use of honey in wound healing. *Journal of Medicinal Food*, 14(10), 1079–1096. <https://doi.org/10.1089/jmf.2010.0171>
2. Balouiri, M., Sadiki, M., Ibsouda, S.K. (2016). Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review. *Journal of Pharmaceutical Analysis*, 6(2), 71–79. <https://doi.org/10.1016/j.jpha.2015.11.005>
3. Burger, E., Perissato, R., et al. (2015). Brazilian red propolis antifungal activity: In vitro and ex vivo analysis. *Research, Society and Development Journal*, 4(2), 18–26.
4. Carson, C.F., Hammer, K.A., Riley, T.V. (2006). Tea tree oil: Antimicrobial properties. *Clinical Microbiology Reviews*, 19(1), 50–62. <https://doi.org/10.1128/CMR.19.1.50-62.2006>
5. Cowan, M.M. (1999). Plant products as antimicrobial agents. *Clinical Microbiology Reviews*, 12(4), 564–582. <https://doi.org/10.1128/CMR.12.4.564>
6. El-Didamony, H., et al. (2024). Evaluation of apitherapy-derived compounds against fungal pathogens. *Scientific Reports*, 14(5), 1899. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-01899-3>
7. Feng, Y., et al. (2025). Tannic acid interferes with fungal chitosan in Candida infection. *PLOS Pathogens*, 21(3), e1013596. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1013596>

8. Iacob, O., et al. (2025). Comparative antifungal activity of *Camellia sinensis* extracts. *Pharmacognosy Research*, 17(1), 19–26. https://doi.org/10.4103/pr.pr_112_24
9. Khwaza, V., et al. (2023). Antifungal activities of natural products and their hybrid compounds. *Antibiotics*, 12(12), 1517. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12121517>
10. Moghadasi, F., et al. (2024). Evaluation of antifungal activity of natural compounds on *Aspergillus* species. *Journal of Mycology and Medical Research*, 34(2), 104–112. <https://doi.org/10.1016/j.mycmed.2024.104112>
11. Sforcin, J.M. (2007). Propolis and the Immune System: A Review. *Journal of Ethnopharmacology*, 113(1), 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2007.05.012>
12. Silva-Beltrán, N.P., et al. (2023). Antifungal activity and mechanism of action of natural products. *Mycopathologia*, 188(5-6), 721–739. <https://doi.org/10.1007/s11046-023-00795-4>
13. Weis, W.G., et al. (2022). Natural products in antifungal therapy: A comprehensive review. *Phytomedicine*, 106, 154451. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2022.154451>
14. Wu, W.G., et al. (2024). Antifungal efficacy of natural antiseptic products against *Candida auris*. *Frontiers in Microbiology*, 15, 1436890. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1436890>

Daxil oldu: 08.10.2025

Qəbul edildi: 12.01.2026