

Ahşap malzemede aktif anti-bakteriyel özelliklerin defne ve kekik ekstraktları ile artırılması

Increasing the active anti-bacterial properties of wood material with laurel and thyme extracts

Osman Emre ÖZKAN¹

¹ Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi, Kastamonu

Sorumlu yazar (Corresponding author)

Osman Emre ÖZKAN
oerzkan@hotmail.com

Geliş tarihi (Received)

16.03.2022

Kabul Tarihi (Accepted)

18.04.2022

Sorumlu editör (Corresponding editor)

Samet DEMİREL
sdemirel@ktu.edu.tr

Atıf (To cite this article): Özkan, O. E. (2022). Ahşap malzemede aktif anti-bakteriyel özelliklerin defne ve kekik ekstraktları ile artırılması. Ormanlık Araştırma Dergisi, Karok 2021, 207-211. DOI: 10.17568/ogmoad.1089123



Creative Commons Atıf -
Türetilemez 4.0 Uluslararası
Lisansı ile lisanslanmıştır.

Öz

Ahşap ürünler gün geçtikçe hayatımıza daha çok girmekle birlikte temas edilen ahşap yüzeylerin hijyenik olarak güvenli olup olmadığı ile ilgili bazı soru işaretlerini de beraberinde getirmektedir. Ahşap malzemenin pasif ve aktif olmak üzere iki farklı anti-bakteriyel özelliğinden bahsedilebilir. Burada, pasif anti-bakteriyel özellik ahşabın doğası gereği olan porozif yapısı ve higroskopisiteden kaynaklanmaktadır. Ancak, ahşabın aktif anti-bakteriyel özelliği ise odun içeriğinde bulunan ekstraktif maddeler ile ilişkilidir. Bu çalışmanın amacı, hijyenik açıdan hassas alanlarda kullanılmak üzere defne (*Laurus nobilis*) ve kekik (*Origanum onites*) ekstraktları ile muamele edilmiş odunların anti-bakteriyel özelliklerinin direk difüzyon yöntemi ile incelenmesidir. Deneyleri gerçekleştirmek için 10 farklı bakteri suşu kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan ahşap diskler aktif anti-bakteriyel özellikleri düşük kavak (*Populus tremula*) ağacından hazırlandıktan sonra otoklav ile sterilize edilmiştir. Bakteri suşları 0,5 McFarland'da hazırlanarak sürüntü sürme yöntemiyle Mueller-Hinton agar petri kaplarına aşılanmıştır. Daha sonra odun diskleri doğrudan aşılanmış agar üzerine yerleştirilmiştir. 37 °C'de 24 saat inkübasyondan sonra, disklerin etrafındaki agar üzerindeki inhibisyon bölgesi mm olarak not edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, kavak odununa uygulanan kekik ekstraktlarının bakteriyel büyümeyi azalttığı tespit edilmiştir. Böylece, anti-bakteriyel özelliği düşük olan ağaç türlerinin kekik ekstraktları ile muamele edilerek hijyenik açıdan hassas alanlarda kullanımının olumlu sonuçlar vereceği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Anti-bakteriyel, kavak, defne, kekik, ekstrakt

Abstract

Wooden products come into our lives more and more day by day, but they also bring some question marks about whether the wooden surfaces that are in contact with are hygienically safe. Two different anti-bacterial properties of wood material, passive and active, can be mentioned. The passive antibacterial property is due to the inherent porosity and hygroscopicity of the wood. However, the active antibacterial property of wood is related to the extractive substances in the wood. The aim of this study is to investigate the antibacterial properties of woods treated with laurel (*Laurus nobilis*) and thyme (*Origanum onites*) extracts for use in hygienically sensitive areas by direct diffusion method. Ten different bacterial strains were used to perform the experiments. The wooden discs used in the experiments were sterilized by autoclave after they were prepared from poplar (*Populus tremula*) wood with low active anti-bacterial properties. Bacterial strains prepared with 0.5 McFarland concentration were inoculated on Mueller-Hinton agar Petri dishes by swabbing method. The wood discs were then placed directly on the inoculated agar surface. After 24 hours of incubation at 37 °C, the zone of inhibition on the agar around the discs was measured in mm. As a result, it was determined that thyme extracts applied to poplar wood reduced bacterial growth. Thus, it has been determined that the use of wood species with low antibacterial properties by treating them with thyme extracts will give positive results in hygienically sensitive areas.

Key Words: Anti-bacterial, poplar, laurel, thyme, extract

1. Giriş

Sağlık alanları ve gıda işletmeleri gibi hijyenik olarak hassas olan yerlerde kullanılan malzemelerin yüzeylerinden zararlı mikroorganizmaların kontaminasyon (bulaşma) yoluyla taşınması sorunu ile her gün karşı karşıya kalınmaktadır. Bu bağlamda yüzey hijyeni, çevresel kontaminasyonun ve enfeksiyonun önlenmesinde önemli bir unsurdur (Munir ve ark., 2019a).

Küresel bir sorun olarak gıda kaynaklı hastalıkların çevresel gelişime ve sağlığa olumsuz etkileri bulunmaktadır. Tüketiciler, toksik (zehirli) kimyasal bileşiklerin yerine alternatif olarak doğal koruyucular için gün geçtikçe artan bir talepte bulunmaktadırlar. Anti-mikrobiyal bileşiklere sahip bitki özleri, biyokontrol veya biyokoruyucu olarak hizmet etme potansiyellerinden dolayı iyice karakterize edilmelidir. Gıda kaynaklı patojenlerden korunma ve kontrolünde kullanılan anti-mikrobiyal özelliklere sahip bitki özlerine odaklanan kapsamlı araştırmaların yapılması gerekmektedir (Al-Huqail ve ark., 2019). Bu çalışmada, anti-bakteriyel özellikleri daha önce birçok araştırmada tespit edilen kekik ve defne bitki ekstraktları kullanılmıştır.

Ahşap kesme tahtaları ile plastik kesme levhalarının hijyenik olarak karşılaştırıldığı çalışmalarda farklı inkübasyon (kuluçka evresi) sürelerinden sonra, ahşap kesme tahtalarında bakteri üremesinin azaldığını ancak plastik kesme levhalarında böyle bir azalmanın gözlemlenmediği bildirilmiştir. Ayrıca, ahşap kesme levhalarında görülen bu olumlu özelliğin ağaç türüne göre değiştiği gözlemlenmiştir (Ak ve ark., 1994; Schönwälder ve ark., 2002). Örneğin, sarıçam (Milling ve ark., 2005a; Milling ve ark., 2005b; Vainio-Kaila ve ark., 2011, 2013), Avrupa melezi (Kavian-Jahromi ve ark., 2015) ve meşe (Ak ve ark., 1994; Chen ve ark., 2020) odunlarının çeşitli bakteri türlerine karşı anti-bakteriyel özelliklere sahip olduğu daha önce yapılan çalışmalarda gösterilmiştir.

Ahşabın anti-bakteriyel özelliklerinin, ahşabın kimyasal bileşimi ile porozitesinden (gözeneklilik) kaynaklanan yüzeyinin kurutma etkisinin bir kombinasyonu olduğu öne sürülmüştür (Milling ve ark., 2005a). Ayrıca, ahşabın neminin bakterilerin dehidrasyonunda önemli bir rol oynadığını gösterilmiştir. Buradan, ahşap ne kadar kuru olursa, pasif anti-mikrobiyal etki o kadar iyi denilebilir (Laireiter ve ark., 2014).

Ahşapta anti-bakteriyel özellik pasif ve aktif olarak ikiye ayrılabilir. Ancak, bu terimler literatürde farklılaştırılmamıştır. Ahşabın pasif anti-bakteriyel özellikleri higroskopisite ve buna bağlı olarak

bakterilerin dehidrasyonu gibi pasif etkilere bağlıdır (Laireiter ve ark., 2014). Ancak, bazı araştırmacılar ahşabın mikroorganizmaların büyümesini doğrudan engelleyen bazı anti-bakteriyel özellikteki maddeleri içerebileceğini göstermiştir (Johnston ve ark., 2001; Välimaa ve ark., 2007; Özkan ve ark., 2015).

Hijyenik açıdan hassas yerlerde kullanılan ahşap malzemenin anti-bakteriyel olması istenilen bir özelliktir. Meşe ve çam odunlarında anti-bakteriyel özellik yüksek bulunurken kayın ve kavak gibi odunlarda anti-bakteriyel özellik daha düşük çıkmaktadır. Genellikle odunda anti-bakteriyel özellik odun içeriğindeki ekstraktif maddelerden ileri gelmektedir. Ekstraktif madde oranı yüksek meşe ve çam odunlarında anti-bakteriyel özellik gözlemlenirken ekstraktif oranı da az olan kayın ve kavak odunlarında anti-bakteriyel özellik düşük çıkmaktadır (Munir ve ark. 2021).

Anti-bakteriyel özelliğe sahip olmayan odun türlerinin hijyenik açıdan hassas yerlerde kullanılması kontaminasyon riskini artırmaktadır. Hijyenik açıdan hassas olan yerler olarak toplu olarak bulunan alanlarda kullanılan ahşap malzemeler (merdiven tutamakları, kapı kolları, vb.) gıda ile temas eden ahşap ürünler, ahşap oyuncaklar ve ahşap hayvan barınakları sayılabilir. Bu gibi kullanım yerlerinde her zaman için ekstraktif oranı yüksek ahşap malzeme kullanılması söz konusu olamamaktadır. Dahası, genellikle piyasada kullanılan bazı odunların aktif anti-bakteriyel özelliklerinin düşük veya hiç olmadığı gözlemlenmiştir (Tomičić ve ark. 2020; Munir ve ark., 2021). Bundan dolayı, anti-bakteriyel özellikleri iyileştirilmiş ahşap malzemenin üretilmesi ihtiyacı ortaya çıkmıştır.

Ahşabın hijyenik özellikleri genellikle organik olması, porozif yapısı ve higroskopik özelliklerinden dolayı yanlış anlaşılmaktadır. Aslında, ahşabın organik doğasının onu çevre dostu kılması, ahşabın absorpsiyon potansiyelinin mikroplar için kuruma koşullarına neden olabilmesi ve ekstraktif maddelerin varlığından dolayı zararlı mikroorganizmaları öldürebilmesi veya inhibe edebilmesi ahşabın hijyenik açıdan olumlu özellikleri olarak sayılabilir. Bunun yanında, yaygın olarak kullanılan bazı ağaç türlerinin anti-mikrobiyal aktiviteye sahip oldukları ve hijyenik açıdan önemli yerlerde güvenilir bir malzeme olarak kullanıldıkları görülmüştür. Ancak, ahşabın binaların iç kısımlarında yer alacak hijyenik yüzey uygulamalarında kullanılmasında bilgi boşluğu bulunmaktadır. Bu nedenle, hijyenik bir yüzey malzemesi olarak ahşabın anti-mikrobiyal özelliklerinin güvenliğini doğrulamak ya da içinde bulunan aktif anti-mikrobiyal bileşiklerin tanımlamak için ileri araştırmaların yapılması

sı gerekmektedir (Munir, 2019a; Munir, 2019b).

Bu çalışmanın amacı, hijyenik açıdan hassas alanlarda kullanılmak üzere defne ve kekik ekstraktları ile muamele edilmiş titrek kavak odununun anti-bakteriyel özelliklerinin direk difüzyon yöntemi ile incelenmesidir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

2.1.1. Odun örnekleri

Odun diskleri titrek kavak (*Populus tremula*) ve meşe (*Qercus* ssp.) odunlarının çürüksüz, budaksız, çatlaksız ve reaksiyon odunu bulunmayan has tasız kısımlarından elde edilmiştir.

2.1.2. Bitki örnekleri

Bitki materyallerinin toplanması (2021, haziran-ağustos) ve tanımlanması Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi Dr. Öğr. Üyesi Kerim Güney tarafından gerçekleştirilmiştir. Yaş olan kekik ve defne bitkileri oda şartlarında (+20 °C) kurutulmuşlardır. Kurutulmuş defne (*Laurus nobilis*) ve kekik (*Origanum onites*) bitki materyalleri baharat değirmeninde öğütülerek küçük boyutlara (1-2 mm) getirilmiştir.

2.1.3. Bakteri Suşları

Deneyleri gerçekleştirmek için kullanılan bakteri suşları, Kastamonu Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı kültür koleksiyonundan temin edilen *Enterobacter aerogenes* ATCC 13048, *Pseudomonas fluorescens*, *Salmonella kentucky*, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212, *Listeria innocua*, *Salmonella typhimurium* SL1344, *Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Bacillus subtilis* DSMZ 1971 ve *Escherichia coli* ATCC 25922'dir.

2.1.4. Kimyasal madde

Steril plastik petri kapları Fıratmed firmasından, Mueller-Hinton agar Merck firmasından temin edilmiştir.

2.2. Yöntem

2.2.1. Ekstraktların eldesi

Kekik ve defne ekstraktları uçucu yağ üretimi sırasında kullanılan bitki materyalinin 6 saat 100 °C'de kaynatılması sonucu elde edilmiştir. Elde edilen ekstraktlar öncelikle kaba süzgeçten geçirilmiştir. Daha sonra santrifüj cihazında 4000 rpm 'de 10 dk. süre ile çözünmeyen askıdaki maddeler çöktürül-

müştür. Son aşama olarak, süzme işlemi filtre kağıdında ve vakum altında gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sıvı ekstraktlar 70 °C'de etüvde tamamen kuruyana kadar bekletilmiştir. Kurutulan ekstraktlar -18 °C'deki dondurucuda daha sonra deneylerde kullanılmak üzere saklanmıştır.

2.2.2. Direk difüzyon metodu

10 x 10 mm boyutlarında kavak odunu çıtalarından 9 mm kalınlığında kavelalar hazırlandıktan sonra bu kavelalardan 2,5 mm kalınlığında ahşap diskler kesilmiş ve otoklav ile sterilize edilmiştir (Munir, 2019). Steril edilen ahşap disklere 40 mg/ml konsantrasyonda hazırlanan ekstrakt çözeltileri mikro pipet yardımı ile 100, 200 ve 300 µl olmak üzere emdirilmiştir. Ayrıca, daha önce aktif anti-bakteriyel özelliği literatürde tespit edilen meşe odunu pozitif kontrol olarak kullanılmıştır.

Mueller-hinton agar besi yeri otoklavda steril edildikten sonra steril plastik petri kaplarına 20 ml olarak dökülmüştür. Hazırlanan bu petri kapları 24 saat süre ile 37 °C'de etüvde bekletilerek kontaminasyon olup olmadığı gözlemlenmiştir. Kontaminasyon oluşan petri kapları deneylerde kullanılmamıştır.

Bakteri suşları 0,5 McFarland'a ayarlanarak sürüntü sürme yöntemiyle daha önce Mueller-Hinton agar dökülen petri kaplarına aşılansmıştır. Daha sonra, negatif kontrol, pozitif kontrol ve ekstrakt emdirilmiş odun diskleri doğrudan aşılansmış agar üzerine yerleştirilmiştir. 37 °C'de 24 saat inkübasyondan sonra, disklerin etrafındaki agar üzerindeki inhibisyon bölgeleri mm olarak not edilmiştir (Munir, 2019b). Deneyler üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Direk difüzyon yöntemine göre yapılan deney sonucunda elde edilen inhibisyon bölgeleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Deney sonuçlarına göre, negatif kontrol olarak kullanılan ekstrakt uygulanmamış kavak odunları herhangi bir anti-bakteriyel etki gösteremezken pozitif kontrol olarak kullanılan meşe odunları ve kekik ekstraktları emdirilmiş kavak odunları anti-bakteriyel etki göstermiştir. Sonuç olarak, negatif kontrol olarak kullanılan kavak odunu anti-bakteriyel etkinlik gösteremezken meşe odunu 10 mm ile 16 mm arasında inhibisyon bölgeleri ile anti-bakteriyel etkinlik göstermiştir. Bunun sebebi olarak, kavak odununda düşük ekstraktif madde içeriğinin bulunmasına karşı meşe odununda daha yüksek ekstraktif madde içeriğinin olmasından

Tablo 1. Kekik ve defne bitkilerinin bakterilere karşı gösterdikleri inhibisyon bölgeleri
Table 1. Inhibition zones of thyme and laurel plants against bacteria

Mikroorganizmalar	Kontrol		Kekik (<i>Origanum onites</i>)			Defne (<i>Laurus nobilis</i>)		
	Pozitif	Negatif	100 µl	200 µl	300 µl	100 µl	200 µl	300 µl
<i>Enterobacter aerogenes</i>	13	-	10	12	13	-	-	-
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	11	-	11	15	17	-	-	-
<i>Salmonella kentucky</i>	15	-	11	14	15	-	-	-
<i>Enterococcus faecalis</i>	10	-	10	12	14	-	-	-
<i>Listeria innocua</i>	12	-	11	14	17	-	-	-
<i>Salmonella typhimurium</i>	14	-	14	18	20	-	-	-
<i>Enterococcus faecium</i>	14	-	15	19	22	-	-	-
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	13	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bacillus subtilis</i>	16	-	10	15	17	-	-	-
<i>Escherichia coli</i>	11	-	11	14	16	-	-	-

kaynaklandığı söylenebilir. Benzer şekilde, daha önce yapılan çalışmalarda yüksek ekstrakt içeren odunlarda anti-bakteriyel özelliklerin düşük ekstrakt içeriğine sahip odunlara göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Schönwälder ve ark., 2002).

Anti-bakteriyel test sonuçlarına göre 100 µl, 200 µl ve 300 µl kekik ekstraktı emdirilmiş kavak odunu *Enterobacter aerogenes* bakterisine karşı sırası ile 10 mm, 12 mm ve 13 mm; *Pseudomonas fluorescens* bakterisine karşı sırası ile 11 mm, 15 mm ve 17 mm; *Salmonella kentucky* bakterisine karşı sırası ile 11 mm, 14 mm ve 15 mm; *Enterococcus faecalis* bakterisine karşı sırası ile 10 mm, 12 mm ve 14 mm; *Listeria innocua* bakterisine karşı sırası ile 11 mm, 14 mm ve 17 mm; *Salmonella typhimurium* bakterisine karşı sırası ile 14 mm, 18 mm ve 20 mm; *Bacillus subtilis* bakterisine karşı sırası ile 10 mm, 15 mm ve 17 mm; *Escherichia coli* bak-

terisine karşı sırası ile 11 mm, 14 mm ve 16 mm inhibisyon bölgesi oluşturarak anti-bakteriyel etki göstermiştir. En yüksek anti-bakteriyel etkinlik ise *Enterococcus faecium* bakterisine karşı 100 µl, 200 µl ve 300 µl kekik ekstraktı için inhibisyon bölgeleri sırası ile 15 mm, 19 mm ve 22 mm olarak tespit edilmiştir.

Özet olarak kekik ekstraktı uygulanmış kavak odunları, *Staphylococcus epidermidis* hariç diğer bütün bakterilere karşı anti-bakteriyel etki göstermiştir. Kekik ekstraktlarının gösterdiği anti-bakteriyel etkinliğin aksine defne ekstraktları deneylerde kullanılan farklı bakteri suşlarına karşı herhangi bir etkinlik göstermemiştir (Şekil 1). Bunun sebebi olarak, defne ekstraktlarında görülen suda çözünme probleminin bu duruma sebebiyet verebileceği düşünülmektedir.



Şekil 1. Direk difüzyon deneyi inhibisyon bölgeleri karşılaştırılması
Figure 1. Comparison of inhibition zones in direct diffusion experiment

4. Sonuç ve Öneriler

Sonuç olarak, aktif anti-bakteriyel özelliklerinin düşük olduğu bilinen titrek kavak odununa uygulanan kekik ekstraktının bakteriyel büyümeyi azalttığı tespit edilmiştir. Böylece, doğal olarak aktif anti-bakteriyel özelliğe sahip olmayan ağaç

türlerinin hijyenik açıdan hassas alanlarda kullanılmasının değerlendirilmesi mümkün olmuştur.

Teşekkür

Bu çalışmada, bitki materyallerinin temini konusunda yardımlarından dolayı Dr. Öğr. Üyesi Kerim

Güney'e, araştırma altyapısını sunmasından dolayı Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesine ve Kastamonu Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarına teşekkür ederim.

Açıklama

Bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi'nin 50. yılına özel etkinlikleri kapsamında, 6 - 9 Aralık 2021 tarihleri arasında düzenlenen IV. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi'nde sözlü bildiri olarak sunulmuştur. Ancak, tam metin halinde hiçbir yerde yayımlanmamıştır.

Kaynaklar

Ak, N. O., Cliver, D. O., Kaspar, C. W. 1994. Cutting boards of plastic and wood contaminated experimentally with bacteria. *Journal of Food Protection* 57(1): 16-22.

Al-Huqail, A. A., Behiry, S. I., Salem, M. Z., Ali, H. M., Siddiqui, M. H., Salem, A. Z. 2019. Antifungal, antibacterial, and antioxidant activities of *Acacia saligna* (Labill.) HL Wendl. flower extract: HPLC analysis of phenolic and flavonoid compounds. *Molecules* 24(4): 700.

Chen, J. C., Munir, M. T., Aviat, F., Lepelletier, D., Le Pape, P., Dubreil, L., Irle, M., Federighi, M., Belloncle, C., Eveillard, M., Pailhoriès, H. 2020. Survival of bacterial strains on wood (*Quercus petraea*) compared to polycarbonate, aluminum and stainless steel. *Antibiotics* 9(11): 804.

Johnston, W. H., Karchesy, J. J., Constantine, G. H., Gragig, A. M. 2001. Antimicrobial activity of some Pacific northwest woods against anaerobic bacteria and yeast. *Phytotherapy Research* 15: 586-588.

Kavian-Jahromi, N., Schagerl, L., Dürschmied, B., Enzinger, S., Schnabl, C., Schnabel, T., Petutschnigg, A. 2015. Comparison of the antibacterial effects of sapwood and heartwood of the larch tree focusing on the use in hygiene sensitive areas. *European Journal of Wood and Wood Products* 73(6): 841-844. DOI: 10.1007/s00107-015-0935-8

Laireiter, C. M., Schnabel, T., Köck, A., Stalzer, P., Petutschnigg, A., Oostingh, G. J., Hell, M. 2014. Active anti-microbial effects of larch and pine wood on four bacterial strains. *BioResources* 9(1): 273-281.

Milling, A., Kehr, R., Wulf, A., Smalla, K. 2005a. Survival of bacteria on wood and plastic particles: Dependence on wood species and environmental conditions. *Holzforschung* 59(1): 72-81. DOI: 10.1515/HF.2005.012

Milling, A., Smalla, K., Kehr, R., Wulf, A. 2005b. The

use of wood in practice—A hygienic risk? *Holz Roh Werkst* 63(6): 463-472. DOI: 10.1007/s00107-005-0064-x

Munir, M. T., Aviat, F., Pailhories, H., Eveillard, M., Irle, M., Federighi, M., Belloncle, C. 2019b. Direct screening method to assess antimicrobial behavior of untreated wood. *European Journal of Wood and Wood Products* 77(2): 319-322.

Munir, M. T., Pailhoriès, H., Aviat, F., Lepelletier, D., Pape, P. L., Dubreil, L., Irle, M., Buchner, J., Eveillard, M., Federighi, M., Belloncle, C. 2021. Hygienic perspectives of wood in healthcare buildings. *Hygiene* 1(1): 12-23.

Munir, M. T., Pailhories, H., Eveillard, M., Aviat, F., Lepelletier, D., Belloncle, C., Federighi, M. 2019a. Antimicrobial characteristics of untreated wood: Towards a hygienic environment. *Health* 11(02): 152-170.

Özkan, O. E., Zengin, G., Akça, M., Baloğlu, M. C., Olgun, Ç., Altuner, E. M., Ateş, S., Aktümsek, A., Vurdu, H. 2015. DNA protection, antioxidant, antibacterial and enzyme inhibition activities of heartwood and sapwood extracts from juniper and olive woods. *RSC advances* 5(89): 72950-72958.

Schönwälder, A., Kehr, R., Wulf, A., Smalla, K. 2002. Wooden boards affecting the survival of bacteria? *Holz als Roh-und Werkstoff* 60: 249-257.

Tomičić, R., Tomičić, Z., Thaler, N., Humar, M., Raspor, P. 2020. Factors influencing adhesion of bacteria *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* and yeast *Pichia membranifaciens* to wooden surfaces. *Wood Science and Technology* 54(6): 1663-1676.

Vainio-Kaila, T., Kyyhkynen, A., Viitaniemi, P., Siitonen, A. 2011. Pine heartwood and glass surfaces: Easy method to test the fate of bacterial contamination. *European Journal of Wood and Wood Products* 69(3): 391-395. DOI: 10.1007/s00107-010-0453-7

Vainio-Kaila, T., Rautkari, L., Nordström, K., Närhi, M., Natri, O., Kairi, M. 2013. Effect of extractives and thermal modification on antibacterial properties of Scots pine and Norway spruce. *International Wood Products Journal* 4(4): 248-252.

Välilä, A. L., Honkalampi-Hämäläinen, U., Pietarinen, S., Willför, S., Holmbom, B., von Wright, A. 2007. Antimicrobial and cytotoxic knotwood extracts and related pure compounds and their effects on food-associated microorganisms. *International Journal of Food Microbiology* 115: 235-243.