

Sušenje hrastovine zaražene anaerobnim bakterijama

DRYING OF OAKWOOD INFECTED BY ANAEROBIC BACTERIA

Stjepan Pervan, dipl.inž.
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

UDK 630.847

Prispjelo: 12. 10. 1993.
Prihvaćeno: 03. 11. 1993.

Stručni rad

Sažetak

U radu je dan pregled dosadašnjih istraživanja problematike sušenja hrastovine zaražene anaerobnim bakterijama vrste *Clostridium*. Navedene su i objašnjene sve dosad poznate metode otkrivanja zaraze, uz detaljan pregled karakteristika različitih postupaka sušenja hrastovine, upotrijebljenih na području Sjeverne Amerike, i Europe. Prema rezultatima dosadašnjih istraživanja, moguće je zaključiti da postoji samo jedna pouzdana metoda otkrivanja zaraze hrastovine (15), metoda plinske kromatografije. Najbolji način za sušenja zaražene hrastovine obuhvaća niskotemperaturno preosušenje koje se nastavlja sušenjem u vakuumu, ili pak prirodno sušenje od sirovog stanja do ovoga sa 20% sadržaja vode koje se produžuje klasičnim sušenjem do stanja sa 8% konačnog sadržaja vode. U postupku sušenja zaražene hrastovine mora se primijeniti umjereni režim sušenja, a preporučuje se odvojeno sušenje zaražene hrastovine od nezaražene.

Ključne riječi: hrastovina, anaerobne bakterije, postupak sušenja.

Summary:

The paper presents a review of papers covering recent research on oakwood drying problems related to infection by anaerobic bacteria *Clostridium*. All the drying methods used to this day are presented and commented upon, and a detailed overview of characteristics of different drying procedures used in North America and Europe is given. On the basis of the results of previous investigation it can be concluded that there is only one reliable method for detection of infected oakwood, namely the gas chromatography. Low temperature predrying followed by vacuum drying, or air seasoning of natural green wood to 20% followed by conventional kiln drying down to 8% moisture content are most suitable methods for drying of infected oak.

A moderate drying schedule should be used during drying process of infected oakwood and it is recommended to dry infected and noninfected oakwood separately.

Key words: oak wood, anaerobic bacteria, drying process.

1. UVOD

Početkom 70-tih godina, do pojave prvih izvješća o problematici sušenja hrastovine zaražene anaerobnim bakterijama, svaka je neočekivana greška u postupku sušenja bila pripisivana varijabilitetu nasljednih obilježja hrastovine.

U novije je vrijeme znanstvenim istraživanjima utvrđeno da anaerobna bakterija vrste *Clostridium* uzrokuje neočekivane greške tijekom postupka sušenja.

Bakterija svojim djelovanjem oslabljuje veze između aksijalnih i radijalnih anatomskih građevnih elemenata drvene mase, zbog čega tijekom postupka sušenja, nastaju naknadna oštećenja izazvana naprezanjima. Osim takvih utjecaja, ta bakterija vjerojatno mijenja boju srži hrastovine uzrokujući smeđenje, ali to još nije znanstveno dokazano.

Nužnost otkrivanja primjerenijeg načina sušenja neizbježna je, ne samo zbog slabljenja kvalitete piljenica sušenih neodgovarajućim postupkom nego i zbog nedostatka kvalitetne nezaražene hrastovine na tržištu.

Postupak sušenja hrastovine daje najbolje rezultate kada se nezaražena hrastovina suši odvojeno od zaražene (14), ali pri tome i dalje ostaje problematičan način otkrivanja zaraze prije samog početka sušenja. Zaraza hrastovih stabala bakterijama *Clostridium* naziva se i mokrom srži ili kiselim drvom (engl. wetwood ili rancid wood) što je dio američke terminologije, a izvedena je iz činjenice da zaražena hrastovina ima veći sadržaj vode nego nezaražena, te se pri raspiljivanju zaraženog trupca pojavljuje karakterističan kiselkasti miris.

Na području Sjeverne Amerike ta se pojava pretežito uočava na drvnoj građi crvenog hrasta (*Quercus rubra* L.), iako se u manjem opsegu javlja i na ostalim vrstama hrasta (14).

Rezultat zaraze bakterijama u piljenicama jest i činjenica da se tijekom sušenja u drvu javljaju i različite greške, npr. unutrašnje i vanjske pukotine, koje nastaju kao posljedica enzimskog djelovanja bakterija.

Takva vrsta djelovanja znatno oslabljuje sposobnost

zaražene hrastovine da podnese stresove utezanja tijekom postupka sušenja u sušionici (14).

Anaerobna bakterija vrste *Clostridium* napada središnji sloj hrastovih debala, od kojega se izrađuju piljenice slabe kvalitete.

U srži bakterijama zaraženog hrastova stabla spore se razvijaju tijekom više godina od trenutka zaraze, dok ne započne razgradnja.

2. METODE OTKRIVANJA BAKTERIJA U HRASTOVINI

Postoji nekoliko metoda otkrivanja zaraze hrastovih piljenica dok su još ispiljene. To su: metoda mjerenja otpora prolasku električne struje, nedestruktivna metoda (engl. nondestructive evaluation method), tj. metoda nerazarujućeg vrednovanja, metoda otkrivanja bakterija određivanjem sadržaja vode i promjene boje drva te metoda detekcije analizom emisije plinova nestalih djelovanjem anaerobnih bakterija.

Primjenom metode mjerenja otpora prolasku električne struje utvrđeno je da sirova srž zaražene kalifornijske crne hrastofine pruža manji otpor prolasku električne struje, nego nezaražena (srednja vrijednost 131×10^3 oma u usporedbi sa 256×10^3 oma (J.C. Ward) (18).

Rezultati su dobiveni primjenom pulzirajuće električne struje na piljenice debljine 25.4 mm, uz uporabu mjernog instrumenta s igličastim elektrodama međusobno razmaknutim 12.7 mm, i zabivenim u uzorak do dubine 6.3 mm (18).

Metoda nerazarujućeg vrednovanja napredniji je i moderniji način otkrivanja zaraženih slojeva u hrastovini, čijom se primjenom pomoću zvuka ispituju dva obilježja zaražene hrastovine: prigušivanje (mjeri se brzina zvučnog vala) i rasipanje energije zvučnih valova pri kretanju zvuka kroz drvo (utvrđuje se stupnjevitost slabljenja vala pri prolasku kroz drvo različite zone) (Ross, J.R., Ward J.C. i TenWolde A. 1992) (8).

Dvije su podvrste NDE- metode ispitivanja: 1.) metoda zvuka izazvanog udarcem, 2.) metoda odašiljanja ultrazvučnih signala.

Istraživanje (8) provedeno je na 18 stabala bijelog hrasta (*Quercus alba* L.) i 2 stabla crnog hrasta (*Quercus Velutina* Lamm.) i evidentirana je prisutnost zaraze na 84% svih zaraženih piljenica u slučaju crvene i 45% u slučaju bijele hrastovine (8).

Primjenom te metode utvrđena je znatna razlika u brzini kojom zvuk poprečno prolazi na vlakanca ako je drvo napadnuto gljivama ili anaerobnim bakterijama.

Najdjelotvorniju industrijsku primjenu metoda ima pri otkrivanju zaraze na crvenoj hrastovini.

Trećim načinom otkrivanja zaraze uočavaju se ove osobitosti (18): vrlo visok početni sadržaj vode (90-100%), uz zaražene zone u obliku tamnijih mrlja i linija.

Obojenje hrastovine nije dovoljno pouzdana karakteristika zaraze, ali je prema nekim istraživanjima zaražena srž hrastovine smeđa i ima blag zelenkast ton (8).

Zbog djelovanja bakterija i nakupljanja mineralnih

tvari te promjene boje hrastovine pad u klasi piljenica iznosi od 25%-33% (3).

Osnovni uzroci promjene boje koja nastaje tijekom neodgovarajućeg postupka sušenja hrastovine (preoštar postupak ili prespora prirodno sušenje drva) jesu proces oksidacije i stvaranja amorfnog tvari u parenhimskim tramicama (7).

Ostali uzroci smeđenja mogu potjecati od djelovanja gljiva. One, naime razgrađuju celulozu u staničnoj stijenci ostavljajući lignin koji je tamnije boje (7).

Problem smeđenja je zasad još nedovoljno istražen zbog svoje složenosti: uzrokuje ga više čimbenika koji u svom pojavljivanju ne pokazuju pravilnost (3).

Tamna boja kao popratna pojava sušenja hrastovine nije dovoljno pouzdan znak za prepoznavanje bakterijama napadnutog drva, ali je češće zamjećujemo u zaraženim piljenicama niže klase.

Posljednjom metodom provodi se analiza plinova koji se osobađaju raspijivanjem trupaca crne i crvene hrastovine. Zaraza se otkriva osjetilom mirisa ili plinskom kromatografijom (preskupa i neprikladna za uporabu u praksi) (15).

Pri raspaljivanju zaraženog trupca bijelog hrasta (8) osjeća se miris octa, a pri raspaljivanju zaraženih trupaca crvenoga i crnog hrasta kiselkast i opor miris raspadanja organske materije (neke zaražene piljenice mirišu na marelicu i jabuku, što pokazuje da se nekim slučajevima pojavljuje esterifikacija masnih kiselina (15).

Oslobođeni su plinovi mješavina volatilnih masnih kiselina nastalih kao rezultat djelovanja metabolizma anaerobnih bakterija vrste *Clostridium* (15) na središnju lamelu, pri čemu se razgrađuje pektin, hemiceluloza i arabinoza (djelovanjem tzv. pektolitičkih enzima) (18).

Razgradnjom središnje lamele utjecajem bakterija pojavljuju se pukotine na spoju stanica drvnog traka i vlakanca, drvnog traka i akcijskog parenhima, ili u zoni prelaska ranoga u kasno drvo, na posljednjemu, potpuno formiranom godu (14). Naprotiv, djelovanjem gljiva razgrađuje se cjelokupna stanična stijenska (18).

Kombiniranim djelovanjem gljiva, prijesni i bakterija *Clostridium* zaraza se pojavljuje u donjim dijelovima stabla, najčešće oko rupica od insekata.

Nakon svega možemo zaključiti da postoji samo jedna pouzdana metoda otkrivanja zaraze hrastovine (15), a to je plinska kromatografija.

Iz svih opisanih metoda otkrivanja proizlazi tvrdnja da je prepoznavanje zaraze bakterijom *Clostridium* u proizvodnji moguće samo po karakterističnome mirisu, sadržaju vode ili eventualno, izgledu drva bez obzira na nepouzdanost i subjektivnost takvih načina ispitivanja.

3. GREŠKE ZARAŽENE HRASTOVINE NASTALE TIJEKOM SUŠENJA

Tijekom postupka sušenja u zaraženoj se srži hrasta pojavljuje više unutrašnjih pukotina i okružljivost, ras-pukline, kolaps, preveliko utezanje, vitoperenje (18) te tamne crte i diskoloracijske mrlje (15).

Posljedice slabljenja mehaničkih svojstava zaražene

hrastovine jesu veće pukotine u graničnom sloju goda (okružljivost), nastale utjecajem atmosferskih činitelja, smrzavanja te naprezanja što ih uzrokuje kapilarna voda i rast drva (15).

U istraživanju (18) utvrđena je prisutnost bakterija vrste *Clostridium* u pukotinama nastalim njihovim djelovanjem na središnju lamelu.

Naprezanje zbog utjecaja vjetra djeluje u zaraženoj hrastovini razdvaja degradiranu središnju lamelu između stanica, a na nezaraženu hrastovinu nema nikakva utjecaja.

Jedan od uzroka pojave pukotina jest tlak plinova nastalih djelovanjem bakterija.

U početnom stadiju zaraze u stablu nastaju velike pukotine (do 8 m visoke), te se mijenja boja srži gotovo do zone bjeljike (15). Takva je zaražena hrastovina pri sadržaju vode 40-50% (4) tijekom kasnijeg postupka sušenja sklona raspucavanju.

Raspukline vretenastog oblika (engl. bottleneck checking) nastaju u početku postupka sušenja zaraženog hrasta lužnjaka *Quercus pedunculata* duž sržnih trakova, uz početnu temperaturu sušenja 40 °C i nisku relativnu vlagu zraka (15).

Prethodno nastale pukotine se pri raspiljivanju hrastovine proširuju, a oslabljena se zona osim u srži pojavljuje u bjelici te u sraslim kvrgama u kori debla, istodobno s pojavom plijesni (15).

Unutrašnje su pukotine češće nego one na granici goda, a nalazimo ih samo u zoni zaraženog drva. Nastaju zbog naglog povećanja temperature sušenja u sredini procesa, što je osobito zamjetno pri sušenju piljenica s uklopljenim srcem, ili debelih 38 mm (15).

Uzrok toj pojavi je veći sadržaj vode u debljoj piljenici, što rezultira produljenjem vremena zagrijavanja, a kako je drvo oslabljeno, ono puca (15).

U istraživanju (15) ustanovljeno je da postoji ovisnost između nastanka pukotina u drvu i pojave mirisa drvene sirovine na ocat, te ovisnost između površinskog raspucavanja zaražene hrastovine i nastanka unutrašnje pukotine odnosno pukotina na granici goda.

Unutrašnje se pukotine pojavljuju u smjeru drvnih trakova (osobito u drvu nepravne žice), a zajedno s okružljivošću nastaju isključivo u donjoj zoni hrastova stabla.

Ako se površina piljenice tik uz koru blanja prije početka sušenja, smanjuje se mogućnost nastajanja unutrašnjih i vanjskih pukotina, a ako se one ipak pojave, mnogo ih je manje.

Pri umjetnom sušenju onih vrsta hrastovine koje imaju tile u trahejama ne nastaje kolaps, koji je inače rjeđa popratna pojava pri neodgovarajućem postupku sušenja zaraženog drva (16).

4. POSTUPAK SUŠENJA ZARAŽENE I NEZARAŽENE HRASTOVINE

Karakteristike postupka sušenja hrastovine jesu niska temperatura sušenja i visoka relativna vlaga, a dosta su blaže ako ih uspoređujemo s uvjetima sušenja ostalih vrsta drva (16).

No ni takvi uvjeti sušenja nisu dobri za sušenje bakterijama zaražene hrastovine.

Poznato je pet načina sušenja zaražene hrastovine, ali nijedan nije dovoljno dobar da bi se sav postupak proveo bez pojave grešaka bez odjeljivanja zaražene od nezaražene hrastovine (16).

Navodimo načine sušenja.

1. Prirodno sušenje nastavljeno sušenjem u sušionici, pri čemu drvo postiže određeni sadržaj vode

Prirodno sušenje traje 100 dana i obuhvaća sušenje od sirovog stanja do stanja sa 20% vode u drvu. Drvo se nakon toga suši 10.5 dana u sušionici dok sadržaj vode ne padne sa 20 na 6%, i to u uvjetima madisonskog režima T2-C1, bez pojave znatnijih grešaka na zaraženoj hrastovini (13).

Najviša temperatura prirodnog sušenja pri kojoj se neće pojaviti greške na zaraženoj hrastovini iznosi 27 °C, uz relativnu vlagu zraka 70%. Takvi uvjeti sušenja hrastovine postoje samo tijekom ljetnih mjeseci. Jedino je ograničenje potreba zasjenjenja radi sprečavanja pojave pukotina (nastaju pri temperaturi zraka 29 °C) (16). Nakon prirodnog sušenja zaražena se hrastovina dosušuje u sušionici, uz uobičajeni režim sušenja.

Kao posebna podvrsta opisanoga načina sušenja primjenjuje se i niskotemperaturne forsirano sušenje u sušionici, koje daje najbolje rezultate pri temperaturi zraka 32 °C uz malu psihrometričku razliku. Primjena te metode zahtijeva početnu relativnu vlagu od 70%, koja ne smije pasti ispod 50%. Kad se dosegne srednja vrijednost vlage ravnoteže drva 40%, postupak se nastavlja sušenjem u sušionici.

2. Cjelokupni postupak sušenja provodi se u predušionici- sušionici, a uvjeti se mijenjaju kada drvo dosegne određeni sadržaj vode.

Tijekom postupka predušenja održava se temperatura suhog termometra, 26.7 °C, i psihometrijska razlika 6.6 °C. Ako je predušionica-sušionica manjeg kapaciteta primjenjuje se psihometrijska razlika 3.9 °C, uz jednaku temperaturu suhog termometra radi sprečavanja nastanka površinskih pukotina (16).

Ta je metoda sušenja proučavana tijekom istraživanja (13) u ljetnim mjesecima u predušionici-sušionici. Drvo je sušeno od maksimalnoga do konačnog sadržaja vode, a pri tome temperatura sušenja nije prelazila vrijednost veću od 43.3 °C, a temperatura isparavanja manju od 40.6 °C.

Nezaražena je hrastovina tijekom zimskih mjeseci sušena na temperaturi 37 °C i psihometrijskoj razlici 2.2 °C, a uz jednak režim na zaraženim je piljenicama zabilježen pad u klasi kvalitete i to u 52% piljenica, što je posljedica pojave kolapsa i pukotina (13).

Prednost tog načina sušenja zaražene hrastovine jest kratkotrajnost postupka (za piljenice debele 25.4 mm potrebno je 28 do 34 dana da se od sirovog stanja osuše

do 7% sadržaja vode, a za one debljine 50.8 mm potrebno je 90 dana).

Istodobno je za sušenje nezaraženih hrastovih piljenica debljine 25.4 mm (od sirovog stanja do 7% sadržaja vode) potrebno 17-20 dana, odnosno za piljenice debljine 50.8 mm 70 dana, što upućuje na činjenicu da postoji vrlo velika razlika u trajanju sušenja zaražene i nezaražene hrastovine (13).

3. Predsušenje u predušionici nastavljenom sušenjem u komornoj sušionici.

Hrastovina se najprije osuši u predušionici do 20-30%, i tada se primjenjuje postupak sušenja u komornoj sušionici do stanja sa 6% sadržaja vode, uz početnu temperaturu sušenja ne veću od 43.3 °C i psihometrijsku razliku ne veću od 2.8 °C (16).

4. Kondenzacijsko sušenje

Tim načinom hrastovina se suši do stanja sa 6% sadržaja vode, ali se pritom pojavljuje i broj različitih ozbiljnijih grešaka.

Primjena te metode razumijeva sušionicu s dobrom izolacijom, jer se relativna vlaga zraka zbog mogućnosti nastanka pukotina cijelo vrijeme sušenja mora održavati iznad 50%.

Tijekom postupka sušenja piljenica crvene hrastovine (*Quercus rubra*) debljine 57.1 mm primjenjena je varijacija opisane metode, s tim da je hrastovina sušena kondenzacijom do otprilike 20%, a zatim u klasičnoj komornoj sušionici do stanja sa 6% sadržaja vode (19).

U ljetnim mjesecima temperatura vlažnog termometra bila je 26.7 °C, a mogla se postići zato što se površina drva hladila isparavanjem vode tijekom ranih i srednjih stupnjeva postupka sušenja (13).

Taj način omogućuje najbolje uvjete kontrole procesa sušenja hrastovine, uz jedno ograničenje: postupak je potrebno provoditi u sredini blažim klimatskim uvjetima (13).

5. Sušenje u vakuumu

Sušenje zaražene hrastovine u vakuumu provodi se na dva načina (16):

a) sušenje u vakuumu uz pomoć radiofrenkventne energije,

b) sušenje u vakuumu, uz povratno iskorištenje topline (tzv. vakuumtherm - postupak u dvije faze).

Sušenjem u vakuumu uzorci crvenog hrasta (*Quercus rubra*) debljine 25.4 mm osuše se iz sirovog stanja do stanja sa 6% sadržaja vode za manje od 4 dana (10). Takvim načinom sušenja ne pojavljuju se površinske pukotine, a naknadnim je blanjanjem utvrđeno, da su u samo 2.2% ukupnog volumena ispitanih piljenica ustanovljene unutrašnje pukotine (10).

Piljenice debljine 63.5 mm sušene su pomoću vakuuma 12.5 dana, a na uzorcima je utvrđena pojava

unutrašnjih pukotina i manja raspucavanja.

Za piljenice debljine 50.8 mm postupak sušenja trajao je 88 sati. Sušene su kombiniranim načinom (sušenje u vakuumu i visokofrenkventno sušenje). Istodobno su za piljenice jednakih dimenzija klasičnim načinom sušenja bila potrebna 62 dana (10).

Ekonomski opravdanim načinom sušenja, ali i najboljim s obzirom na sprečavanje nastanka grešaka tijekom postupka, pokazao se postupak prirodnog sušenja, nastavljen umjetnim sušenjem u klasičnoj komornoj sušionici, ali je takvo sušenje bilo i najdugotrajnije, pa je pri odabiru načina sušenja potrebno uzeti u obzir problem vezanih novčanih sredstava u skupoj sirovini (16).

Na primjer, u procesu sušenja nezaražene hrastovine u SAD se primjenjuju temperature sušenja manje ili jednake 32.2 °C, uz relativnu vlagu zraka veću ili jednaku 60% (14).

Takvi su uvjeti sušenja zbog dugotrajnosti energetski vrlo nepovoljni, pa se za sušenje hrastovine primjenjuju predušenje, tj. prirodno sušenje do stanja s manje od 52% sadržaja vode (taj se postotak pokazao graničnim i iznad njega se ne isplati umjetno sušenje). Tek tada se postupak nastavlja u sušionici (14).

5. KARAKTERISTIKE PRIMJENJENIH REŽIMA SUŠENJA HRASTOVINE

Pri sušenju hrastovine obično se upotrebljava madisonski režim T4-D2 (16), s početnom temperaturom sušenja 35-38 °C (18).

Za razliku od takvih uvjeta, pri sušenju bakterijama zaražene hrastovine primjenjuju se niže početne temperature ili se takva hrastovina suši izdvojena, a postupak sušenja počinje od sirovog stanja do onoga sa 20% pri umjerenim uvjetima prirodnog sušenja. Ako je vlaga u sušionici niža od 20%, primjenjuju se uvjeti jednaki onima za nezaraženu hrastovinu.

Srednja vrijednost početnog sadržaja vode nezaražene hrastovine razumijeva 80 do najviše 92%.

Nezaražena crna hrastovina od sirovog se stanja suši u uobičajenim uvjetima karakterističnim za sušenje hrastovine (18).

Prirodno sušenje crnog hrasta, koje traje 63-150 dana, ovisno o dobu godine, mora započeti temperaturom ne većom od 30 °C i psihometrijskom razlikom 3 °C.

Bijela hrastovina (*Quercus garryana* dougl.) koja je upotrijebljena u istraživanju (4), vanjskim je karakteristikama slična hrastovini ostalih istočnoameričkih vrsta, no za razliku od njih, ima srž zelenkastog tona. Pri provedbi postupka sušenja bijele hrastovine uobičajenim režimom utvrđeno je da dva puta deblja građa zahtijeva tri puta dulje vrijeme sušenja i pri tome zbog pojave unutrašnjih pukotina na zaraženim daskama nastaju čak četiri puta veći gubici.

Povećanje početnih temperatura sušenja može uzrokovati ozbiljne pojave unutrašnjih pukotina ili pak pukotina na površini piljenica.

Proces sušenja te vrste hrastovine provodi se u dva stupnja (4).

1. Najviša temperatura sušenja iznosi 43.3 °C, s psi-

hrometrijskom razlikom 2.2 °C i ti se uvjeti održavaju do 30% sadržaja vode.

2. Na drugom stupnju temperatura sušenja ostaje jednaka, a psihometrijska se razlika povećava na 3.3 °C.

Tijekom faze izjednačavanja krajnja temperatura iznosi 82.2 °C, uz psihometrijsku razliku 19.4 °C, koja je jednaka i u fazi kondicioniranja, uz smanjenu psihometrijsku razliku od 6 °C.

Postupak sušenja traje 21 dan za piljenice debljine 25.4 mm 32 dana za piljenice debljine 31.75 mm a 43 dana za piljenice debljine 38.1 mm (4).

Prirodno sušenje te vrste hrastovine provodi se do stanja sa srednjim sadržajem vode 15-20% i na taj se način postupak sušenja u sušionici skraćuje za 4-5 dana (za piljenice debljina 25.4 mm) (4).

Ubrzanjem postupka skraćuje se vrijeme sušenja za 11 dana, ali se time pridonosi većem gubitku. (12)

Uz blaže uvjete sušenja sam bi postupak predugo trajao, te se stoga primjenjuje prirodno sušenje do određenog sadržaja vode, a nastavlja se umjetnim sušenjem u sušionici, uz jedno ograničenje: postupak sušenja potrebno je voditi s najvećom pozornošću, pa se preporučuje odvojeno sušenje zaražene i nezaražene hrastovine.

6. DISKUSIJA REZULTATA POSTIGNutih DOSADAŠNjim ISTRAŽIVANjIMA

Proučavanjem dosadašnjih rezultata utvrđene su neke bitne činjenice.

Pojava okružljivosti češće se javlja na zaraženoj hrastovini koja otprije sadrži pukotine na granici goda (18).

Kombinirano radijalno i tangentno utezanje za nezaraženo drvo iznosi 18.03%, a za zaraženo 20.68%, pa ta činjenica može poslužiti pri otkrivanju zaraze. Pri ispitivanju na bočnicama utvrđeno je da je utezanje u radijalnom smjeru veće (13.6%) nego u tangentnom (8.4%) (18), za razliku od utezanja nezaražene hrastovine, koje je veće u tangentnome nego u radijalnom smjeru.

Čvrstoća na savijanje uzoraka izrađenih od zaraženih dasaka manja je za 24% u odnosu prema uzorcima izrađenim od nezaraženih dasaka (16).

Ostale vrijednosti, koje su različite za zaraženo i nezaraženo drvo jesu: maksimalna specifična masa inficiranog drva iznosi 0.704 g/cm³, a broj godova 0.84 (goda/mm) (18).

Veća vrijednost specifične mase crne hrastovine ne pretpostavlja poboljšana mehanička svojstva, što bi se moglo zaključiti prema istraživanjima na nezaraženoj hrastovini (18).

Crna je hrastovina podložnija kolapsu nego bijela (to nije slučaj pri sušenju crne kalifornijske hrastovine, koja je iznimka, jer u trahejama srži ima tile koja onemogućuju nastanak kolapsa) (18).

Pri uobičajenom postupku sušenja crvene hrastovine pojavio se malen broj unutrašnjih pukotina i slaba okružljivost, a pri ubrzanom režimu bilo ih je više, što je izazvalo pad vrijednosti kvalitete piljenica sušenih

umjerenim režimom za 6.5% , a onih sušenih ubrzanim režimom za 23.7% (15).

Pri umjerenom režimu veći se dio zaraženog drva sušio bez unutrašnjih pukotina, zaraženo je drvo pripadalo svim kvalitativnim razredima, pretežito nižim klasama. (15).

Ubrzanje postupaka sušenja crvene hrastovine može se postići izdvajanjem zaraženog drva i njegovim zasebnim sušenjem.

Vakuusko sušenje crvene hrastovine (19) (*Quercus rubra*) najkraće je trajalo, ali je i dalje ostao problem skupoće i malog kapaciteta sušionice.

Blanjanjem površine piljenica smanjuje se mogućnost nastanka pukotina na bijeloj i crvenoj hrastovini (12) i skraćuje trajanje sušenja od sirovog stanja do stanja sa 8% vode u sušionici (7-10%) vremenska ušteda).

Pri tome je potrebno primijeniti ubrzani režim, automatizaciju i stupnjevite promjene uvjeta sušenja u sušionici. Blanjanjem piljenica postignuta je vremenska ušteda u postupku sušenja od 9%, jer je 60-dnevni ciklus smanjen na 55-dnevni, a 90-dnevni na 82- dnevni.

Ta se vremenska ušteda podudara s rezultatima prethodnih istraživanja (7-10%) (12).

Prema istraživanju (13), zaraženi hrast mora biti osušen do stanja sa 20% vode i to u umjerenim uvjetima, prije početka ubrzanog sušenja, zbog povišenog sadržaja vode u središnjim slojevima.

Stoga se sušenje provodi s visokom početnom relativnom vlagom zraka i niskom temperaturom sušenja, a nezaraženu je hrastovinu potrebno odvojiti i sušiti je u oštrijim uvjetima (13).

U postupku sušenja (14) crvenog hrasta (*Quercus rubra*) upotrijebljeni su ubrzani i umjereni režimi za zaraženu te za nezaraženu hrastovinu, što je izazvalo velik pad vrijednosti piljenica zbog nastanka dubokih površinskih, unutrašnjih pukotina i pukotina na granici goda.

Pri oštrijim uvjetima sušenja (ubrzanom režimu) povećava se volumni gubitak zaražene hrastovine (1%) u odnosu prema nezaraženoj (14).

Troškovi postupka sušenja porasli su za 23.2% za ubrzanu sušenu zaraženu hrastovinu, 6.6% za zaraženu hrastovinu sušenu umjerenim režimom i 5.6% za zdravu hrastovinu sušenu ubrzanim režimom, u odnosu prema troškovima sušenja nezaražene hrastovine sušene umjerenim režimom (14).

Iz navedenih se podataka može zaključiti da se bakterijama zaražena hrastovina mora sušiti u umjerenim uvjetima ne samo radi sprečavanja pojave grešaka, nego i radi smanjenja utroška energije tijekom sušenja (14).

Jedan od načina određivanja zaraženosti hrastovine jest sadržaj vode (14), koji je pri zarazi povećan za 10-20% u usporedbi s nezaraženom hrastovinom, a posljedica većeg sadržaja vode jest trajanje postupka sušenja, za piljenice debljine 25.4 mm 2-8 dana, a za piljenice debljine 50.8 mm 14-21 dan (16).

Ostale veličine pomoću kojih bi se mogla provesti usporedba nisu toliko indikativne da bi mogle znatnije utjecati na mogućnost otkrivanja zaražene hrastovine. Valja spomenuti kiselost, koja je u zaraženog drva malo povećana i iznosi 4.0-3.5 pH. Rezultati ovog istraživanja

pokazali su da ubrzani režim skraćuje postupak sušenja za 11 dana (14).

Pri zadanim režimima utvrđeno je da dvostruko povećanje debljine piljenica uzrokuje tri puta dulje vrijeme sušenja i četiri puta veći gubitak (zbog pojave unutrašnjih pukotina u zaraženim piljanicama) (16).

Neodgovarajuće povećanje početne temperature sušenja može uzrokovati pojavu površinskih ili unutrašnjih pukotina.

Pokazalo se da neki uzorci zaražene hrastovine osim većeg sadržaja vode imaju i manju permeabilnost, što uzrokuje produljenje postupka sušenja. Ta pojava još nije do kraja objašnjena, ali se pretpostavlja da organske ekstraktivne tvari (kojih u hrastovini ima 4-15%) produžuju sušenje za 7-12 dana. Za uklanjanje te negativne pojave hrastovina se može obraditi parom, ali se njome mora pažljivo rukovati jer može nastati kolaps (16).

7. ZAKLJUČCI

Bez obzira na pažljivo vođenje postupka sušenja, na nekim se piljanicama ipak pojavljuju površinske i unutrašnje pukotine, što se povezuje s činjenicom da populacija bakterija varira ovisno o staništu i tlu na kojemu je drvo raslo (18).

Gubici koji nastaju kao posljedica djelovanja bakterija iznose 3.6- 6.3% pri ravnotežnom sadržaju vode od 29%, a tijekom samog procesa sušenja 16% gubitaka nastaje zbog utezanja (uz uvjet da je početna temperatura 23 °C, a temperatura sušenja stalna)(18).

Pojava okružljivosti je neizbježna, bez obzira na to koliko je blag režim sušenja, a određuje se kao uznapredovali oblik pukotine na granici goda, koja je inicirana u stablu tijekom njegova rasta, ali je postala vidljiva tek u postupku sušenja (18).

Tijekom sušenja čela je potrebno premazivati radi smanjenja mogućnosti pojave pukotina na granici goda i radi sprečavanja produljenja već postojećih raspuklina.

Pri zajedničkom sušenju zaraženog i nezaraženog drva u normalnim se uvjetima sušenja nezaraženog drva pojavljuje dvostruko veći gubitak nego kada bi se ono sušilo odvojeno. To je posljedica činjenice da zaraženo drvo ima veći sadržaj vode od nezaraženoga, a ta vrijednost za hrastovinu iznosi 10 do 30%, čak i više (18).

Na bakterijama zaraženoj hrastovini greške su češće ako se sušenje u sušionici počinje od sirovog stanja odmah nakon raspljivanja (14).

Usporedbom navedenih metoda i rezultata dosadašnjih istraživanja utvrđeno je da se najprikladnijim načinom sušenja crvene hrastovine može smatrati niskotemperaturno preosušenje nastavljeno sušenjem u vakuumu (19).

Samo se nezaražena hrastovina može sušiti ubrzanim postupkom, a zaraženu se hrastovinu primjenjuje umjereni režim. Stoga ih je preporučljivo sušiti odvojeno.

Greške koje se javljaju na inficiranoj hrastovini minimalne su ako se prirodno suši do stanja sa 20% sadržaja vode, a tek onda u sušari, do stanja sa 8% konačnog sadržaja vode (18).

LITERATURA

- [1] Alexiou, P.N., Marchant, J.F. i Groves, K.W.: Effect of pre-steaming on moisture gradients, drying stresses and sets, and face checking in regrowt Eucalyptus Pilularis Sm. Wood Science and Technology, Vol. 24; No. 2, str. 201-209, 1990.
- [2] Boutelje, J.B.: Increase in the content of nitrogenous compounds at lumber surfaces during drying and possible biological effects. Wood Science and Technology, Vol. 24, No. 2, str. 191-199, 1990.
- [3] Bulgrin, E.H.: What Can Be Done About Mineral Stain in Oak. Southern Lumberman, 1965.
- [4] Espenas, Leif, D. i Kozlik, Charles J.: Drying Oregon white oak lumber. USDA Forest research paper Vol. 27 Forest Research Laboratory Oregon 1975.
- [5] Mackay, J. F. G.: Properties of Northern Aspenn Discolored Wood Related To Drying Problems. Wood And Fiber, Vol. 6 (4), 1975.
- [6] McMillen, J.: Control of Reddish - Brown Discolorations In Drying Maple Sapwood. USDA Forest Service Research Note, Fpl 0231, 1976.
- [7] McMillen, J. : Physical characteristics of seasoning discolorations in sugar maple sapwood. USDA Forest Research Paper Fpl 248, 1975.
- [8] Ross, J. Robert, Ward, James C. i Tenwolde Anton: Identifying Bacterially Infected Oak by Stress Wave Nondestructive Evaluation. Research Paper FPL 512. Madison Wisconsin U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 6 str., 1992.
- [9] Schmidt, Konrad: Ispitivanja o uzrocima promjene boje hrastovog drva kod tehničkog sušenja . Poslovna zajednica "Export-drvo". 17 str. Zagreb, 1987.
- [10] Simpson, William T.: Vacuum Drying Northern Red Oak. Forest Products Journal. Vol. 37, No. 1, 35-38 str. 1987.
- [11] Simpson, William T.: Predrying before pressdrying to reduce drying defects in hardwoods. Forest Products Journal, Vol. 32, No. 11/12, 1982.
- [12] Simpson, William T. i Baltes, R. C.: Accelerating oak drying by presurfacing. Forest service Research Note. Madison, Wisconsin, 1972.
- [13] Ward, James C.: Bacterial Oak And How To Dry It. Southern Lumberman, Vol. 243 (3017), 1982.
- [14] Ward, James C.: Influence of Wetwood on Pulsed Current Resistances in Lumber Before and During Kiln Drying. Wood and Fiber Science, 16 (4), str. 598-617, 1984.
- [15] Ward, James C.: The Effects of Wetwood on Lumber Drying Times and Rates: An Exploratory Evaluation with Longitudinal Gas Permeability. Wood and Fiber Science, 18 (2), str. 288-307. 1986.
- [16] Ward, James C. i Groom, David A.: Bacterial Oak: Drying Problems. Forest Products Journal, Vol. 33, No 10, str. 57-65, 1983.
- [17] Ward, J. C.: Hann, R. A., Baltes R. C. i Bulgrin E.H.: Honeycomb And Ring Failure in Bacterially Infected Red Oak Lumber After Kiln Drying. FPL 165, Forest Service Research Paper 1972.
- [18] Ward, J. C. i Hart, C. Arthur: Drying North American Oak Lumber. The Bacterial Problem. Comp. Proceedings of The North American Wood Drying Symposium, Mississippi State, Ms. Mississippi Forest Products Utilization Laboratory, str. 90-96, 1985.
- [19] Ward, C. James i Schink, Bernhard: Bacterial Infection of Oak - An Update. Proceedings of The 15th Annual Hardwood Symposium of The Hardwood Research Council, Memphis, Tn, str. 87-91, 1987.
- [20] Ward, James C. i Shedd, Del: California Black Oak Drying Problems And Bacterial Factor. Forest Products Laboratory Research Paper, Fpl 344, Madison Wisconsin, 1979.
- [21] Ward, James C. i Shedd, Del: Characteristics for Presorting White Fir Lumber with Wetwood. Proceedings of 32nd Annual Meeting Western Dry Kiln Clubs, School of Forestry, Oregon State University, May 6-8, 1981.
- [22] Ward, James C. i Simpson, William T.: Comparison of Four Methods for Drying Bacterially Infected And Normal Thick Red Oak. Forest Products Journal, Vol 37, No 11/12, str. 15-22, 1987.
- [23] Wengert, E. M. i Baltes, R. C.: Accelerating oak drying by presurfacing, accelerated schedules, and kiln automation. USDA Service Research Note, FPL-0214, 1971.