

SFARBENIE BUKOVÉHO DREVA V PROCESE TERMICKEJ ÚPRAVY SÝTOU VODNOU PAROU

COLOURING OF BEECH WOOD DURING THERMAL TREATMENT USING SATURATED WATER STEAM

Ladislav Dzurenda

ABSTRACT

In this paper, there are presented the results of colour change of beech wood in the process of thermal treatment – steaming using saturated water steam. In this process, the colour of beech wood changes from pale white-grey with a yellow tint through brown-pink to a dark red-brown colour, depending on the conditions of technological process. In this paper, there are presented the colours of beech wood achieved during the thermal treatment – steaming with saturated water steam at temperatures: $t_I = 112,5 \pm 2,5$ °C for the duration $\tau = 5,5$ h, $t_{II} = 127,5 \pm 2,5$ °C for the duration $\tau = 6,5$ h and $t_{III} = 137,5 \pm 2,5$ °C for the duration $\tau = 7,5$ h. The colour of beech wood steamed by regime I. changes to a pale brown-pinkish yellow colour with CIE-L* a* b* colour range coordinates: $L^* = 68,4 \pm 2,8$; $a^* = 10,1 \pm 2,3$; $b^* = 20,6 \pm 1,3$, regime II. changes to a brown-pink colour with colour coordinates: $L^* = 58,1 \pm 3,8$; $a^* = 15,5 \pm 2,2$; $b^* = 24,9 \pm 1,3$ and regime III. changes to a dark red-brown colour with colour coordinates: $L^* = 53,2 \pm 2,4$; $a^* = 17,9 \pm 2,0$; $b^* = 26,1 \pm 1,5$.

With the increasing temperature of saturated water steam used in the thermal treatment, as well as prolonging the duration of steaming, beech wood loses its lightness (darkens) and an increase in the red colour coordinate a^* and yellow colour coordinate b^* in CIE-L* a* b* colour range induces this colour shade.

This irreversible change of beech wood colour achieved by one of the regimes of beech wood steaming using saturated water steam broadens the possibilities of its use in construction, artistic, or design fields.

Keywords: colour, CIE-L* a* b* colour space, beech wood, thermal treatment, saturated water steam.

ÚVOD

Farba dreva je základnou optickou vlastnosťou a typickým znakom pre beľové, či jadrové drevo jednotlivých drevín. Farebná škála natívneho dreva hospodársky významných drevín používaných ako konštrukčný materiál v stolárstve a nábytkárskom priemysle vypĺňa značne široký farebný diapazón: od svetlých bielo-šedo-žltých farebných odtieňov dreva drevín: smrek obyčajný, jedľa biela, lipa malolistá, hrab obyčajný, cez

červeno-hnedé odtiene jadrového dreva drevín: borovica lesná, až po tmavé hnedo-šedé farebné odtiene jadrového dreva drevín: dub letný, jaseň štíhly, orech kráľovský DRAPELA (1980), MAKOVINY (2010).

Jedným zo spôsobov, ktorým je možné danú optickú vlastnosť dreva objektívne kvantifikovať je jej vyjadrenie prostredníctvom súradníc vo farebnom priestore CIE- $L^*a^*b^*$. Meranie farby vo farebnom priestore CIE- $L^*a^*b^*$, podľa ISO 7724:1984, je založené na meraní troch parametrov: svetlosti L^* od 100 pre bielu po 0 pre čiernu farbu, chromatickej súradnice a^* pre stanovenie odtieňa medzi červenou farbou (kladné hodnoty na súradnici a^*), zelenou farbou (záporné hodnoty na súradnici a^*) a chromatickej súradnice b^* stanovujúcej odtieň medzi žltou farbou (kladné hodnoty na súradnici b^*), modrou farbou (záporné hodnoty na súradnici b^*).

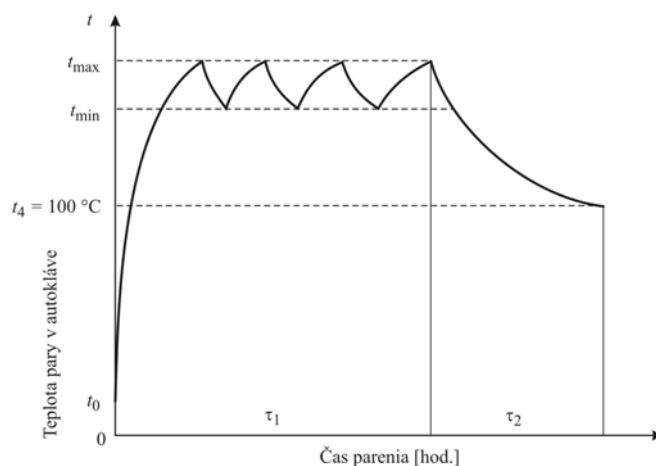
Svetlá, bielo-šedá farba so žltým nádychom dreva dreviny *Fagus sylvatica*, vo farebnom priestore CIE- $L^*a^*b^*$, je podľa práce: BABIAK *et al.* (2004) popísaná hodnotami na súradniciach farebného priestoru: $L^* = 75,96$; $a^* = 6,62$; $b^* = 17,63$.

Procesmi termickej úpravy – parením, resp. hydrotermickej úpravy dreva – sušením sa farba bukového dreva zo svetlej bielo-šedej farby so žltým nádychom mení cez hnedo-ružové odtiene až na tmavo červeno-hnedý odtieň v závislosti na podmienkach realizácie technologického procesu DELIISKI (1991, 2003), HALAJ (1999), MOLNÁR – TOLVAJ (2002), DZURENDA – DELIISKI (2003, 2012), BABIAK *et al.* (2004), KLEMENT *et al.* (2011), DELIISKI *et al.* (2009), BELJANOVA *et al.* (2013), DZURENDA (2013). Zmenu farby povrchu bukového dreva, ako uvádzajú práce: KUBOVSKÝ – BABIAK (2009), KAČÍK – KUBOVSKÝ (2011), je možné dosiahnuť i ožarovaním CO₂ laserovým lúčom.

Cieľom danej práce je stanovenie farby bukového dreva vo farebnom priestore CIE- $L^*a^*b^*$ dosiahnutého procesmi termickej úpravy – režimami parenia sýtou vodnou parou s teplotami: $t_1 = 112,5 \pm 2,5$ °C, $t_{II} = 127,5 \pm 2,5$ °C, $t_1 = 137,5 \pm 2,5$ °C.

MATERIÁL A METODIKA

Bukové drevo vo forme prírezov s rozmermi 27 × 75 × 320 mm a vlhkosti $W_p = 70,2 \pm 3,5$ % bolo termicky upravované sýtou vodnou parou v tlakovom autokláve: APDZ 240 (LIGNOTHERM Ltd). Prírezy boli vyrobené z beľového, resp. zrelého bukového dreva bez prítomnosti pajadra. Režim tlakového parenia bukových prírezov sýtou vodnou parou je zobrazený na obr. 1 a rozpis podmienok termickej úpravy pre jednotlivé stupne parenia uvádza tabuľka 1.



Obr. 1 Režim termickej úpravy bukového dreva sýtou vodnou parou.
Fig. 1 Regime of thermal treatment of beech wood using saturated water steam.

Tab. 1 Režimy termickej úpravy bukového dreva sýtou vodnou parou.

Tab. 1 Regimes of thermal treatment of beech wood using saturated water steam.

Režimy	Teplota sýtej pary [°C]			Čas parenia v hodinách [hod]		
	t_{max}	t_{min}	t_4	τ_1 - fáza I	τ_2 - fáza II	Celkový čas
Režim parenia I.	115	110	100	4,5	1,0	5,5
Režim parenia II.	130	125	100	4,5	2,0	6,5
Režim parenia III.	140	135	100	4,5	3,0	7,5

Následne parené bukové prírezy boli vysušené na vlhkosť $W_p = 12 \pm 0,5 \%$ v konvenčnej teplovzdušnej sušiarňi: KAD 1x6 (KATRES s.r.o). Ložné plochy vysušených prírezov boli opracované na horizontálnej rovinnej frézke FS 200.

Farba dreva bukových prírezov vo farebnom priestore $CIE-L^*a^*b^*$ sa hodnotila prostredníctvom kolorimetra Color reader CR-10 (Konica Minolta, Japan). Použitý bol zdroj svetla D65 a priemer optického snímacieho otvoru 8 mm.

Hodnoty svetlosti L^* a základných farieb a^* , b^* farebného priestoru $CIE-L^*a^*b^*$ boli merané na súbore $n = 57$ prírezov parených režimom I., súbore $n = 54$ prírezov parených režimom II. a súbore $n = 55$ prírezov parených režimom III. Meranie hodnôt L^* , a^* , b^* farebných súradníc na vzorkách bukového dreva bolo vykonané na označenej strane v strede šírky prírezu vo vzdialenosti 160 mm od čela pred procesom termickej úpravy prírezov parením a po mechanickom opracovaní vysušených parených prírezov na horizontálnej rovinnej frézke FS 200.

Hodnoty farebných súradníc sú uvádzané formou zápisu $x = \bar{x} \pm u_c$ t.j. priemernej nameranej hodnoty a kombinovanej štandardnej neistoty merania. Kombinovaná štandardná neistota zohľadňuje neistoty typu A a typu B.

$$u_c = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} \quad (1)$$

kde: u_A – štandardná neistota typu A,

u_B – štandardná neistota typu B.

Výpočet kombinovanej štandardnej neistoty pre hodnoty na jednotlivých súradniciach farebného priestoru $CIE-L^*a^*b^*$ uvádzajú rovnice:

$$u_{C_L} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L_i - \bar{L})^2}{n(n-1)} + u_{B_L}^2}, \quad u_{C_{a^*}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (a_i - \bar{a})^2}{n(n-1)} + u_{B_{a^*}}^2}, \quad u_{C_{b^*}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (b_i - \bar{b})^2}{n(n-1)} + u_{B_{b^*}}^2} \quad (2)$$

kde: L_i , a_i , b_i – namerané hodnoty súradníc farebného priestoru,

\bar{L} , \bar{a} , \bar{b} – priemerné hodnoty súborov nameraných hodnôt na súradniciach farebného priestoru,

n – počet meraní,

u_{B_L} , $u_{B_{a^*}}$, $u_{B_{b^*}} = 0,1$ štandardné odchýlky prístroja od menovitej hodnoty.

Miera rozptylu stanovených hodnôt vo farebnom priestore $CIE-L^*a^*b^*$ nepareného i pareného bukového dreva je hodnotená prostredníctvom relatívnej štandardnej neistoty $rel u_{C_i}$. Hodnoty relatívnej štandardnej neistoty pre jednotlivé farebné súradnice popisujú rovnice:

$$rel u_{C_L} = \frac{u_{C_L}}{\bar{L}} \cdot 100 [\%], \quad rel u_{C_{a^*}} = \frac{u_{C_{a^*}}}{\bar{a}} \cdot 100 [\%], \quad rel u_{C_{b^*}} = \frac{u_{C_{b^*}}}{\bar{b}} \cdot 100 [\%] \quad (3)$$

kde: u_{C_i} – kombinovaná štandardná neistota hodnoty na príslušnej súradnici farebného priestoru,

\bar{x}_i – priemerná hodnota parametra farebného priestoru.

Z rozdielu hodnôt na farebných súradniciach ΔL^* , Δa^* , Δb^* stanovených na základe meraní povrchu bukových prírezov po a pred termickou úpravou je stanovená celková farebná diferencia ΔE podľa nasledujúcej rovnice *ISO 11 664-4:2008*:

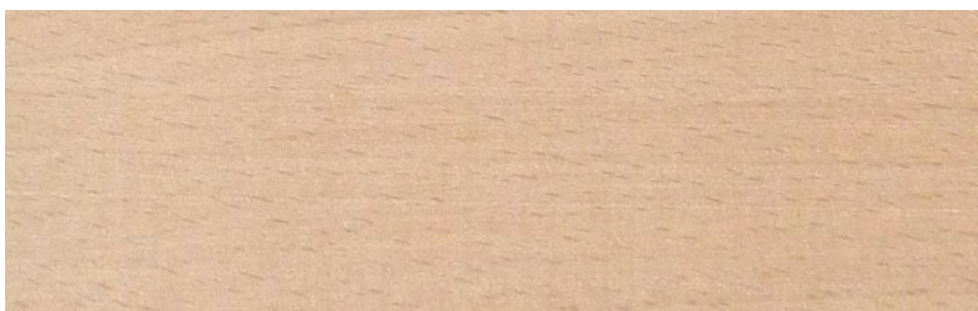
$$\Delta E^* = \sqrt{(L_2^* - L_1^*)^2 + (a_2^* - a_1^*)^2 + (b_2^* - b_1^*)^2} \quad (4)$$

kde: L_1^* , a_1^* , b_1^* hodnoty na súradniciach farebného priestoru dreva pred procesom termickej úpravy dreva.

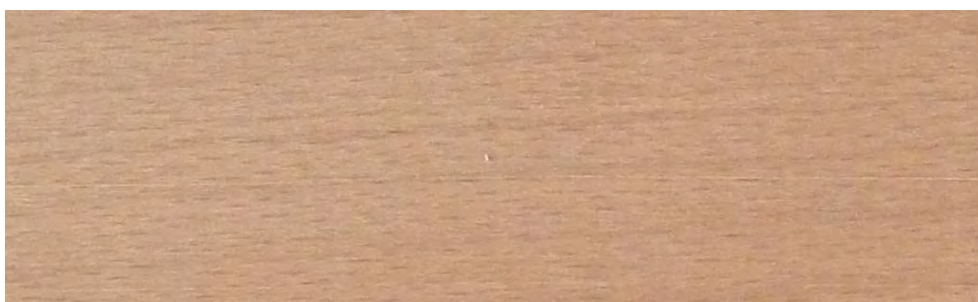
L_2^* , a_2^* , b_2^* hodnoty na súradniciach farebného priestoru povrchu vysušeného ofrézovaného termicky upraveného bukového dreva.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

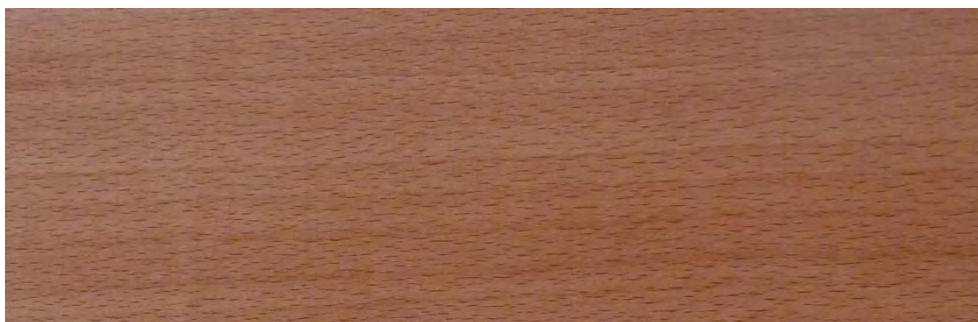
Farebné odtiene vysušeného bukového dreva nadobudnuté procesmi termickej úpravy – sýtou vodnou parou režimami: I., II. a III. sú zobrazené na obr. 2.



Režim parenia I.



Režim parenia II.



Režim parenia III.

Obr. 2 Povrch vysušeného ofrézovaného bukového dreva po termickej úprave sýtou vodnou parou analyzovanými režimami.

Fig. 2 Surface of seasoned and milled beech sapwood after thermal treatment using saturated water steam in analysed regimes.

Hodnoty popisujúce drevo bukových prírezov vo farebnom priestore CIE-L* a* b* pred ich termickou úpravou jednotlivými režimami parenia uvádza tabuľka 2.

Tab. 2 Hodnoty súradníc farebného priestoru CIE-L* a* b* popisujúce natívne bukové drevo pred procesom termickou úpravou sýtou vodnou parou.

Tab. 2 Coordinates of CIE-L* a* b* colour range of native beech wood before thermal treatment using saturated water steam.

Bukové prírezy pred procesom termickej úpravy	Farebné súradnice		
	L*	a*	b*
počet meraní [-]	166	166	166
hodnota súradnice [-]	73,5 ± 2,1	7,6 ± 2,8	19,8 ± 1,8
relatívna štandardná neistota [%]	2,8	36,8	9,1

Hodnoty súradníc farebného priestoru CIE-L* a* b* popisujúce drevo parených bukových prírezov jednotlivými režimami termickej úpravy, po vysušení a opracovaní frézovaním, sú uvedené v tabuľkách 3–5.

Tab. 3 Hodnoty súradníc farebného priestoru CIE-L* a* b* popisujúce parené bukové drevo sýtou vodnou parou režimom parenia I.

Tab. 3 Coordinates of CIE-L* a* b* colour range of steamed beech wood after thermal treatment using saturated water steam by regime I.

Bukové prírezy parené sýtou vodnou parou s teplotou t = 112,5 ± 2,5 °C.	Farebné súradnice		
	L*	a*	b*
počet meraní [-]	57	57	57
hodnota súradnice [-]	68,4 ± 2,8	10,1 ± 2,3	20,6 ± 1,3
relatívna štandardná neistota [%]	4,1	22,8	6,3

Tab. 4 Hodnoty súradníc farebného priestoru CIE-L* a* b* popisujúce parené bukové drevo sýtou vodnou parou režimom parenia II.

Tab. 4 Coordinates of CIE-L* a* b* colour range of beech wood after thermal treatment using saturated water steam by regime II.

Bukové prírezy parené sýtou vodnou parou s teplotou t = 127,5 ± 2,5 °C.	Farebné súradnice		
	L*	a*	b*
počet meraní [-]	54	54	54
hodnota súradnice [-]	58,1 ± 3,8	15,5 ± 2,2	24,9 ± 1,3
relatívna štandardná neistota [%]	6,5	14,2	5,2

Tab. 5 Hodnoty súradníc farebného priestoru CIE-L* a* b* popisujúce parené bukové drevo sýtou vodnou parou režimom parenia III.

Tab. 5 Coordinates of CIE-L* a* b* colour range of beech wood after thermal treatment using saturated water steam by regime III.

Bukové prírezy parené sýtou vodnou parou s teplotou t = 137,5 ± 2,5 °C.	Farebné súradnice		
	L*	a*	b*
počet meraní [-]	55	55	55
hodnota súradnice [-]	53,2 ± 2,4	17,9 ± 2,0	26,1 ± 1,5
relatívna štandardná neistota [%]	5,1	11,2	5,7

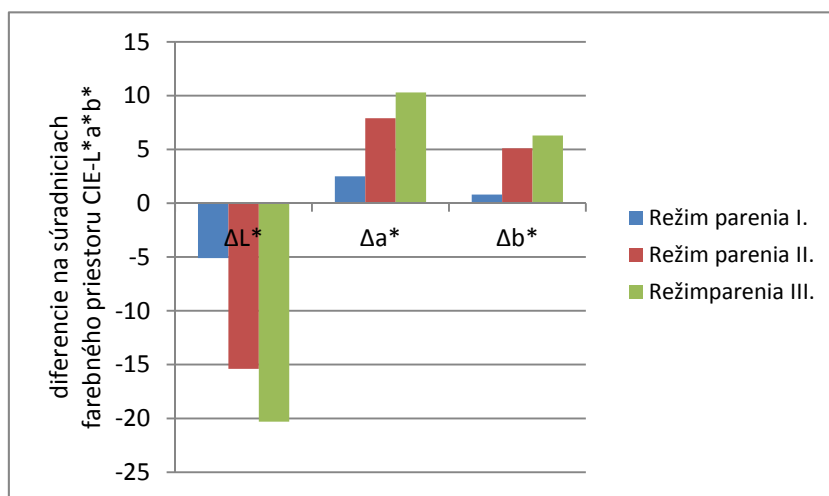
Funkčné závislosti svetlosti L*, červenej a* a žltej b* farby pareného bukového dreva na teplote, nadobudnuté v procesoch termickej úpravy bukových prírezov sýtou vodnou parou v rozpätí teplôt t = 112,5 ÷ 137,5 °C, sú uvedené v tabuľke č. 5.

Tab. 5 Funkčné závislosti svetlosti L^* , červenej farby a^* a žltej farby b^* na teplote termicky upravovaného bukového dreva sýtou vodnou parou v intervale: $112,5^{\circ}\text{C} \leq t \leq 137,5^{\circ}\text{C}$.

Tab. 5 Functionality of L^* , a^* , b^* parameters on the temperature of thermally treated beech wood using saturated water steam in interval of values: $112,5^{\circ}\text{C} \leq t \leq 137,5^{\circ}\text{C}$.

Farebná súradnica	Funkčná závislosť	Koeficient determinácie
L^*	$L^* = -76,41 \ln(t) + 429,06$	$R^2 = 0,9964$
a^*	$a^* = +28,11 \ln(t) - 111,94$	$R^2 = 0,9705$
b^*	$b^* = +39,30 \ln(t) - 175,38$	$R^2 = 0,9941$

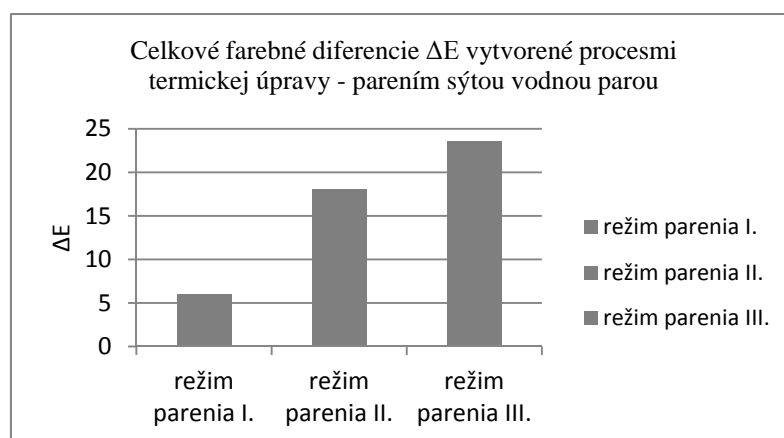
Miery zmien hodnôt ΔL^* , Δa^* , Δb^* , na jednotlivých súradniciach farebného priestoru bukového dreva vyvolané procesom termickej úpravy parením sýtou vodnou parou sú zobrazené formou stĺpcového diagramu na obr. 3



Obr. 3 Miera zmien hodnôt ΔL^* , Δa^* , Δb^* vo farebnom priestore CIE- $L^*a^*b^*$ pareného bukového dreva vyvolaná režimami parenia I, II, III.

Fig. 3 The changes of colour coordinates ΔL^* , Δa^* , Δb^* of beech wood in CIE- $L^*a^*b^*$ colour range induced by regimes I, II and III.

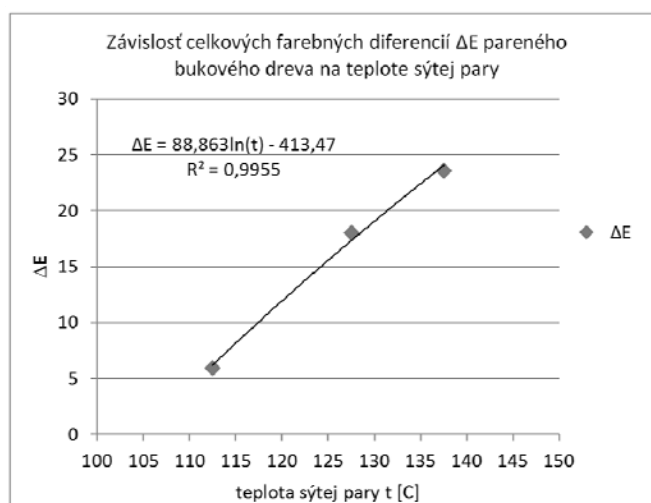
Celkové farebné diferencie dreva bukových prírezov ΔE^* dosiahnuté jednotlivými režimami termickej úpravy sýtou vodnou vo farebnom priestore CIE- $L^*a^*b^*$ sú zobrazené formou stĺpcového diagramu na obr. 4.



Obr. 4 Celkové farebné diferencie ΔE bukového dreva vo farebnom priestore CIE- $L^*a^*b^*$ vyvolané režimami parenia I, II, III.

Fig. 4 Changes of the total colour difference ΔE of beech wood in CIE- $L^*a^*b^*$ colour range induced by regimes I, II and III.

Funkčná závislosť celkových farebných zmien ΔE bukového dreva dosiahnutých v procese termickej úpravy sýtou vodnou parou na teplote v intervale teplôt $t = 112,5 - 137,5$ °C sú uvedené na obr. 5.



Obr. 5 Funkčná závislosť celkových farebných zmien pareného bukového dreva vo farebnom priestore CIE-L* a b* na teplote sýtej vodnej pary.

Fig. 5 The functionality of total colour change of beech wood in CIE-L* a b* colour range on the temperature of saturated water steam.

Na základe dosiahnutých výsledkov možno konštatovať, že v procese termickej úpravy bukového dreva so vzrastom teploty sýtej pary v jednotlivých režimoch parenia sa mení farba bukového dreva od bledého hnedo-ružovo-žltého odtieňa cez hnedo-ružový odtieň až na tmavý červeno-hnedý odtieň. Najväčšia zmena vo farebnom priestore CIE-L* a b* pareného bukového dreva analyzovanými režimami parenia je na súradnici belosti, poklesom z hodnoty $L^* = 73,5 \pm 2,1$ pri parení sýtou vodnou parou o teplote $t = 112,5 \pm 2,5$ °C na hodnotu $L^* = 53,2 \pm 2,4$ pri parení sýtou vodnou parou o teplote $t = 137,5 \pm 2,5$ °C. Uvedený pokles hodnôt na danej súradnici sa premieta vo výraznom stmavnutí bukového dreva. Menší posuv farieb bol zaznamenaný na chromatických súradniciach červenej farby a^* a žltej farby b^* . Počas parenia parou o teplote $t = 112,5 \pm 2,5$ °C sa zvýšila hodnota červenej farby na farebnej súradnici z pôvodnej hodnoty o $\Delta a^* = +2,5$ a na žltej farebnej súradnici o hodnotu $\Delta b^* = +0,8$. Parením sýtou vodnou parou o teplote $t = 137,5 \pm 2,5$ °C sa zvýšila hodnota červenej farby o $\Delta a^* = +10,3$ a žltej farby o hodnotu $\Delta b^* = +6,3$. Vzrastom hodnôt červenej a žltej farby na farebných súradniciach na hodnoty: $a^* = 17,9$ a $b^* = 26,1$ procesom termickej úpravy dreva sýtou vodnou parou – režimom parenia III. ($t = 137,5 \pm 2,5$ °C) sa dosahuje originálne tmavé červeno-hnedé sfarbenie bukového dreva, ktoré farbou pripomína drevo exotických drevín: Sapeli, či Sipo. Uvedená skutočnosť rozširuje možnosti konštrukčno-umeleckého a dizajnového využitia bukového dreva (domácej suroviny) aj pre farebnú imitáciu dreva exotických drevín.

Istým problémom parenia bukového dreva, vodnou parou za účelom zmeny farby je dosiahnutie nie úplne rovnakého zhnednutia bukového dreva v rámci termickej úpravy parením, režimami parenia I. a II., čo nepriamo dokladujú vysoké hodnoty relatívnej štandardnej neistoty červenej farby $rel u_{Ca} = 22,8$ % a $rel u_{Cb} = 14,2$ % pareného bukového dreva. Uvedená skutočnosť je pripisovaná vysokému rozptylu hodnôt červenej farby samotného natívneho bukového dreva, deklarovaná hodnotou relatívnej štandardnej

neistoty $rel u_{Ca} = 36,8 \%$, resp. hodnotami variačného koeficienta $v_{x-a^*} = 22,8 \%$ a $v_{x-a^*} = 23,22 \%$ uvádzaného v prácach autormi KLEMENT – MARKO (2009) a HRČKA (2010).

Celkové farebné odchýlky zmien farby bukového dreva ΔE vyvolané procesmi termickej úpravy sýtou vodnou parou s teplotou od $112,5 \text{ }^\circ\text{C}$ po $137,5 \text{ }^\circ\text{C}$ ležia v intervale hodnôt: $\Delta E = 6,0 \div 23,6$. V rámci kolorimetrickej klasifikácie farebný odtieň dosiahnutý termickým procesom – režimom I. prináleží do skupiny veľkých farebných zmien $\Delta E = 6 \div 12$ a farebné odtiene dosiahnuté režimami II. a III. patria do skupiny veľmi výrazných farebných zmien $\Delta E > 12$.

Logaritmická závislosť rastu celkových farebných diferencií ΔE pareného bukového dreva na teplote sýtej vodnej pary kvantifikuje vplyv teploty na celkovú zmenu farby bukového dreva vo farebnom priestore CIE- $L^*a^*b^*$. Je v súlade s poznatkami o zmenách farby bukového dreva v procesoch termickej úpravy bukového dreva, tak parením deklarovanými v prácach DELIISKI (1991), MOLNAR – TOLVAJ (2002), ako aj vysoko-teplotným sušením v prostredí prehriatej vodnej pary KLEMENT – MARKO (2009).

V zmysle kategorizácií zmien fyzikálnych a chemických vlastností dreva v procese termickej úpravy, podľa prác: KOLLMANN – GÔTÉ (1968), TREBULA (1996), TREBULA – KLEMENT (2005) zmena farby dreva patrí do skupiny ireverzibilných zmien. Vyvolaná je parciálnou hydrolýzou hemicelulóz v lignin sacharidickej matrixi bukového dreva a extrakciou vodorozpusťných akcesorických látok, ako to nepriamo deklaruje autori: BUČKO (1995), TREBULA – BUČKO (1996), DZURENDA – DELIISKI (2000), KAČÍK (2001), LAUROVA *et al.* (2004), KAČÍKOVÁ – KAČÍK (2011) prítomnosťou monosacharidov, organických kyselín a základných stavebných jednotiek ligninu s guajacylovou a syringylovou štruktúrou v skondenzovanej vodnej pare po tlakovom parení bukového dreva.

ZÁVER

V príspevku sú prezentované farby bukového dreva nadobudnuté v termickom procese parenia sýtou vodnou parou o teplotách: $t_I = 112,5 \pm 2,5 \text{ }^\circ\text{C}$ po dobu $\tau = 5,5$ hod., $t_{II} = 127,5 \pm 2,5 \text{ }^\circ\text{C}$ po dobu $\tau = 6,5$ hod. a $t_{III} = 137,5 \pm 2,5 \text{ }^\circ\text{C}$ po dobu $\tau = 7,5$ hod. Farba bukového dreva v procese termickej úpravy - parením podľa režimu parenia I. sa zo svetlej bielo-šedej farby so žltým nádychom mení na bledý hnedo-ružovo-žltý farebný odtieň so súradnicami vo farebnom priestore CIE- $L^*a^*b^*$: $L^* = 68,4 \pm 2,8$; $a^* = 10,1 \pm 2,3$; $b^* = 20,6 \pm 1,3$, režimom parenia II. na hnedo-ružový farebný odtieň s farebnými súradnicami: $L^* = 58,1 \pm 3,8$; $a^* = 15,5 \pm 2,2$; $b^* = 24,9 \pm 1,3$ a režimom parenia III. na tmavý červeno-hnedý odtieň s farebnými súradnicami: $L^* = 53,2 \pm 2,4$; $a^* = 17,9 \pm 2,0$; $b^* = 26,1 \pm 1,5$.

So zvyšovaním teploty sýtej vodnej pary v procese termickej úpravy a predlžovaním času parenia stráca bukové drevo svetlosť (tmavne) a vzrastom hodnôt na červenej farebnej súradnici a^* a žltej farebnej súradnici b^* vo farebnom priestore CIE- $L^*a^*b^*$ sa dosahuje patričný farebný odtieň.

Ireverzibilná zmena farby bukového dreva dosiahnutá niektorým z režimov parenia bukového dreva sýtou vodnou parou rozširuje možnosti jeho využitia v konštrukčno-umeleckej a dizajnovej oblasti.

LITERATÚRA

- BABIAK, M., KUBOVSKÝ, I., MAMOŇOVÁ, M. 2004. Farebný priestor vybraných domácich drevín. In Interaction of wood with various Forms of Energy. Zvolen: TU Zvolen, s. 113–117.
- BABIAK, M., HRČKA, R., HOLPIT, M. 2004. Zmena farby buka pri mikrovlnom sušení. In Interaction of wood with various Forms of Energy. Zvolen: TU vo Zvolene, s. 127–130.
- BELJANOVA, E.,A., SAFIN, R.,R., BODYLEVSKAJA,T.,A. 2013. Razrabotka metodiki klassifikacii termomodificirovannoj drevesiny s pomoščju cvetovoj gammy. Derevoobrabativajuščaja promyšlennost', 2013, (1): 30–34.
- BUČKO, J. 1995. Hydrolýzne procesy. Zvolen: TU vo Zvolene. 116 s.
- DELIISKI, N. 1991. Metod dla ocenki stepeni oblagoraživanja bukovych pilomaterialov vo vremja ich proparki. In Súčasné problémy a perspektívy sušenia bukového reziva. Zvolen. VŠLD vo Zvolene, s. 37–44.
- DELIISKI, N. 2003. Modelirane i tehnologii za proparvane na drvesiny materiali v avtoklavi. [Dizertačná práca LTU Sofia], Sofia, 358 s.
- DELIISKI, N., BREZIN, V., SOKOLOVSKI, S., MANOLOVA, N. 2009. Toplinno obrabotvane na obli bukovi materiali s zapazvane na estestvenija cvjat na drvesinata. Drvoobrabotvane i proizvodstvo na mebeli. (2): 2–7.
- DRAPELA, J. a kol. 1980. Výroba nábytku – Technologie. Praha: SNTL. 485 s.
- DZURENDA, L., DELIISKI, N. 2000: Analysis of moisture content changes in beech wood in the steaming process with saturated water steam. Wood research 45(4): 1–8.
- DZURENDA, L., DELIISKI, N. 2003. Avtomatičeskoe upravlenije procesom konvektivno-kamernoj suški bukovych pilomaterialov s sochranením ili s dopustimym izmenenijem ich estestvennoj okraski. In Annals of Warsaw Agricultural University – Forest and Wood Technology 53. s. 42–46.
- DZURENDA, L., DELIISKI, N. 2012. Convective drying of beech lumber without color changes of wood. Drvna industrija 63(2): 95–103.
- DZURENDA, L. 2013. Modification of wood colour of *Fagus Sylvatica* L to a brown-pink shade caused by thermal treatment. Wood research 58(3): 475–482.
- HALAJ, M. 1999. Vplyv hydrotermickej úpravy dreva na zmenu farby bukového dreva. [Dizertačná práca DF - TU Zvolen], Zvolen, 74 s.
- HRČKA, R. 2010. Identifikácia neprirodzeného zafarbenia dreva. In Parametre kvality dreva určujúceho jeho fyzikálne použitie. Zvolen: TU vo Zvolene. 352 s.
- ISO 11 664-4:2008 Colorimetry - Part 4: CIE 1976 L*a*b* Colour space.
- KAČÍK, F. 2001. Tvorba a chemické zloženie hydrolyzáto v systéme drevo – voda - teplo. Zvolen: TU vo Zvolene. 75 s.
- KAČÍK, F., KUBOVSKÝ, I. 2011. Chemical changes of beech wood due to CO₂ laser irradiation. Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, (222): 105–110.
- KAČÍKOVÁ, D., KAČÍK, F. 2011. Chemické a mechanické zmeny dreva pri termickej úprave. Zvolen: TU vo Zvolene. 71 s.
- KLEMENT, I., MARKO, P. 2009. Colour changes of beech wood (*Fagus sylvatica* L.) during high temperature drying process. Wood research 54(3): 45–54.
- KLEMENT, I., BALKOVSKÝ, I., SMILEK, P. 2011. Vplyv teploty na proces kontaktného sušenia bukového reziva. Acta Facultatis Xylologiae Zvolen, 53(1): 13–17.
- KOLLMANN, F., GÔTÉ, W. A. 1968. Principles of Wood Sciences and Technology, Vol. 1. Solid Wood, Springer Verlag: Berlin – Heidelberg - New York, 592 s.
- KUBOVSKÝ, I., BABIAK, M. 2009. Color changes induced by CO₂ laser irradiation of wood surface. Wood research, 54(3): 61–66.
- LAUROVA, M., MAMONOVA, M., KUČEROVA, V. 2004. Proces parciálnej hydrolýzy bukového dreva (*Fagus sylvatica* L.) parením a varením. [Vedecké štúdie 2/2004/A], Zvolen: TU vo Zvolene. 58 s.
- MOLNÁR, S., TOLVAJ, L. 2002. Colour homogenisation of different wood species by steaming. In Interaction of wood with various Forms of Energy. Zvolen: TU vo Zvolene, s. 119–122.

MAKOVÍNÝ, I. 2010. Úžitkové vlastnosti a použitie rôznych druhov dreva. Zvolen: TU vo Zvolene, 104 s.

TREBULA, P. 1996: Sušenie a hydrotermická úprava dreva. Zvolen: TU vo Zvolene, 255 s.

TREBULA, P., BUČKO, J. 1996. Vákuové sušenie dreva, technické, technologické a ekologické aspekty. [Vedecké štúdie 5/1996/B], Zvolen: TU vo Zvolene, 70 s.

TREBULA, P., KLEMENT, I. 2005: Sušenie a hydrotermická úprava dreva. Zvolen: TU vo Zvolene, 449 s.

Adresa autora

Ladislav Dzurenda,
Technická univerzita vo Zvolene
Drevárska fakulta
Katedra obrábania dreva
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen
dzurenda@tuzvo.sk