

ZMENA FARBY SMREKOVÉHO DREVA PRI VYSOKOTEPLTNOM SUŠENÍ

COLOUR CHANGE IN HIGH TEMPERATURE DRYING OF SPRUCE WOOD

Michaela Matušková – Ivan Klement

ABSTRACT

Drying belongs to the most expensive technological operations. Physical as well as mechanical properties of wood fluctuate and the colour changes appear in wood. Wood is getting dark during the high temperature drying. The experiment was done with the help of spruce samples with the dimensions $30 \times 120 \times 350$ mm and $50 \times 120 \times 350$ mm, two temperatures for drying were used 130 and 170 °C and the final moisture content was 8%. The colour change was measured with the help of the device Colour Reader CR-10. The colour change before and after drying was evaluated, change of colour coordinates $L^*a^*b^*$ were evaluated and colour difference ΔE^* during drying was evaluated as well.

Key words: colour, colour changes, high-temperature drying, temperature, spruce

ÚVOD

Sušenie patrí k najvýznamnejším a najdrahším technologickým operáciám. Jednou z možností ako skrátiť čas sušenia je použitie vysokých teplôt. To so sebou prináša aj zmeny vlastností dreva, pričom jednou z nich je zmena farby. Hlavne v poslednom období sú žiadané tmavé odtiene dreva a jeho rovnomerné sfarbenie. Na tento proces vplývajú rôzne faktory ako sú chemické zloženie dreva, tepelné procesy týkajúce sa prenosu tepla ako aj hmoty, a i.

Farba patrí medzi základné optické vlastnosti dreva. Určujú ju chemické zložky dreva – celulóza, hemicelulóza a lignín, ako aj extraktívne látky (živice, triesloviny, a i.). Pri pôsobení vysokej teploty zmena farby dreva závisí aj od okamžitého podielu vlhkosti v dreve [1]. Prejavuje sa stmavnutím, škvrnami alebo pásmi inej farby v porovnaní s ostatným povrchom dreva, obzvlášť pri sušení vysokými teplotami. Zmena farby môže byť *povrchová, vnútorná, rovnomerná a nerovnomerná* [2].

V dreve vystavenom vysokým teplotám sa vytvárajú aldehydové skupiny a fenoly. Tracheidy sa zaplňajú amorfnými látkami, čo sa prejavuje v tmavých farebných škvrnách vonkajšej vrstvy sušeného dreva. Je to výsledok hromadenia sacharidov k povrchu počas kapilárnej fázy sušenia.

Na jednej strane môžu byť farebné zmeny nežiadúce, na druhej strane vyvolané cieľene. Zmena farby sa prejavuje aj pri tepelnom spracovaní, kde prvotným cieľom je objektívne dosahovanie tmavých farebných odtieňov [3].

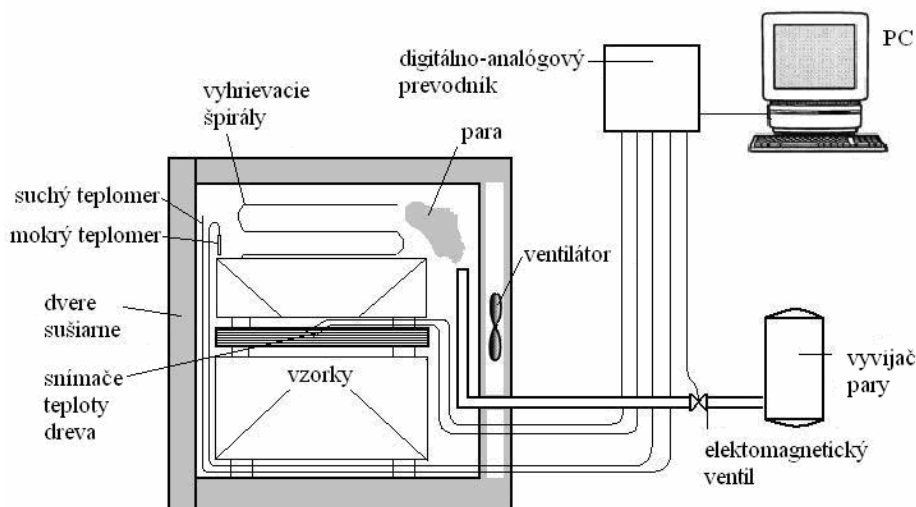
Cieľom experimentálnej časti bolo zistiť a zhodnotiť farebnú zmenu po sušení, veľkosť farebnej diferencie ΔE^* a zmenu farebných súradníc $L^*a^*b^*$ počas sušenia smrekových vzoriek.

EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Materiál a metóda

Pre experimentálnu časť uskutočnenú na Katedre mechanickej technológie dreva Technickej univerzity vo Zvolene bol použitý smrekový výrez dlhý 3 m (*Picea abies* L.). Následne z neho boli na horizontálnej pásovej pile vymanipulované radiálne vzorky v počte 15, 24, 15 a 20 ks o rozmeroch 30 × 120 × 350 mm a 50 × 120 × 350 mm.

Samotný proces sušenia bol vykonaný v experimentálnej vysokoteplotnej sušiarne Line Serie FED s R3.1-regulátorom od firmy BINDER GmbH. Multifunkčná sušiareň umožňuje sušiť až do teplôt 300°C a je vybavená PID-regulátorom s digitálnym displejom. V kombinácii s teplotnou sondou dokáže udržiavať nastavené parametre sušiaceho režimu. Vlhčenie vzduchu bolo realizované nasýtenou parou, privádzanou z vyvíjača pary, prúdenie vzduchu zabezpečil ventilátor umiestnený na zadnej stene sušiarne. Aby bolo možné snímať teplotu suchého a mokrého teplomera, do sušiarne boli nainštalované termočlánky, ktoré snímali aj teplotu vo vnútri a na povrchu materiálu. Schéma zapojenia laboratórnej sušiarne je znázornená na Obr. 1.



Obr. 1 Schéma experimentálnej vysokoteplotnej sušiarne
Fig. 1 Scheme of experimental high temperature drier

Pri sušení boli použité dve teploty – 130 a 170 °C, čím vznikli štyri sušiace náplne, tak ako je to uvedené v Tab. 1.

Tab. 1 Označenie náplní

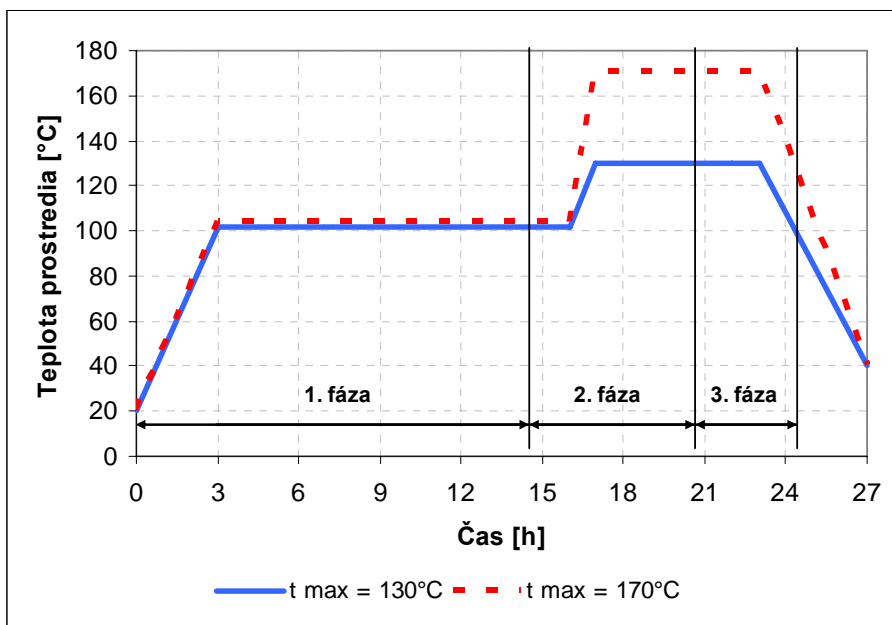
Tab. 1 Batch marking

hrúbka vzoriek	max. teplota	označenie skupiny
30 mm	130°C	130A
	170°C	170A
50 mm	130°C	130B
	170°C	170B

Návrh sušiaceho režimu

Režim bol navrhnutý tak, aby teplota prostredia bola do 100 °C, kým vlhkosť vzoriek neklesla pod BNV (1. fáza). Po poklese vlhkosti pod BNV bola teplota v sušiarňi zvýšená na maximálnu hodnotu (2. fáza). Po dosiahnutí požadovanej konečnej vlhkosti (8 %) sa teplota v sušiarňi znížila na teplotu okolitého prostredia (3. fáza). Počas tejto fázy došlo k ochladeniu dreva. Pre vernejšie zobrazenie je na Obr. 2 názorná ukážka.

V procese sušenia bola snímaná teplota a relatívna vlhkosť prostredia, ako aj teplota v strede a na povrchu dreva. Merané boli aj: vlhkosť materiálu, vlhkosťný spád, rozmery a rozmerová stabilita, povrchová zmena farby spôsobená sušením, skôrnatie a šúverenie.



Obr. 2 Priebeh teplôt režimu sušenia
Fig. 2 Temperature course of drying schedule

Hodnotenie farebných zmien

Celkové vyhodnocovanie zmeny farby pozostávalo zo stanovenia farebnej diferencie meranej pred, počas a po sušení na 8 miestach v každej sérii a stanovenie zmeny farebných súradníc počas sušenia.

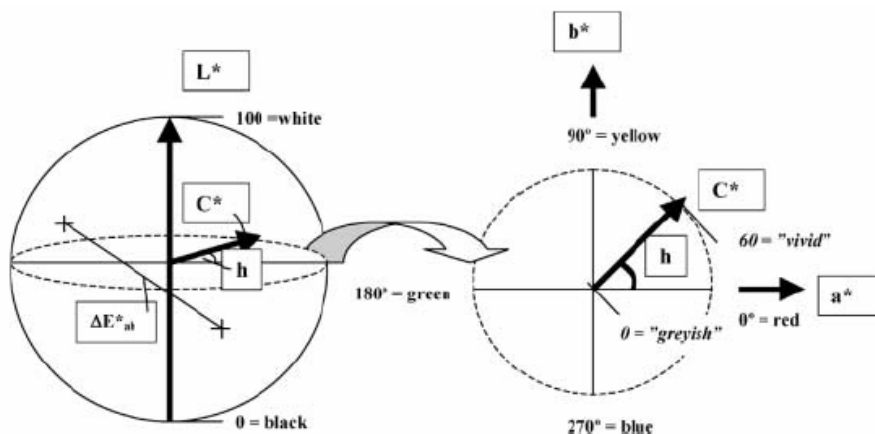
Pre objektívne zobrazenie farby boli namerané súradnice L^*a^*b pred a po sušení transformované do programu Coloroid Profesional, z ktorého boli získané presné farebné odtiene vzoriek.

Farba a jej súradnice boli merané prístrojom Color Reader CR-10, ktorého snímacia plocha má kruhový priemer o veľkosti 10mm, priložením kolmo na meranú povrchovú plochu dreva. Namerané farebné súradnice L^*a^*b L^*C^*h je možné cez vzťahy CIE prepočítať do číselnej hodnoty farebného priestoru. Aby bolo možné jednotlivé farebné odtiene porovnať, bola použitá Euklidovská vzdialenosť ΔE^* , vzťah (1).

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (1)$$

Súradnica L^* predstavuje jas farby, súradnica a^* odtiene medzi zelenou a červenou, b^* odtiene od modrej po žltú [4].

Na Obr. 3 je znázornený jeden z farebných priestorov CIEL^{*}a^{*}b a transformácia jeho súradnic.



Obr. 3 CIEL^{*}a^{*}b farebný priestor a transformácia do farebného priestoru L^{*}C^{*}h [5]
Fig. 3 CIEL^{*}a^{*}b colour space and the transformation to colour space L^{*}C^{*}h. [5]

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Priemerná počiatočná vlhkosť vzoriek bola 31 % a konečná vlhkosť dosiahla 8 %. Čas sušenia bol pri hrúbke 30 mm a teplote sušenia 130 °C – 7h, pri teplote 170 °C – 6h a pri hrúbke 50 mm a sušiackej teplote 130 °C ako aj 170°C – 10h.

V Tab. 2 sú uvedené zmeny farebnej diferencie počas sušenia. Zo vzniknutých farebných zmien je zrejmé, že s rastúcim časom a teplotou sušenia sa farebné zmeny zvyšujú. Najintenzívnejšia zmena farby sa prejavila na začiatku, po prvých dvoch hodinách sušenia (Tab. 2). Farebná diferencia ΔE^* dosiahla najvyššiu hodnotu – 3,7 pri režime 170A, t.j. pri hrúbke 30 mm a teplote sušenia 170 °C a naďalej mala stúpajúcu tendenciu. Najmenšia zmena v prvých dvoch hodinách nastala pri režime 130B pri hrúbke 50 mm, kde farebná diferencia dosiahla najmenšiu hodnotu – 2,2. V ďalšej fáze sušenia sa hodnoty farebnej diferencie menili menej ako v počiatočnej fáze.

Tab. 2 Zmena farebnej diferencie počas sušenia

Tab. 2 Change of colour difference during drying

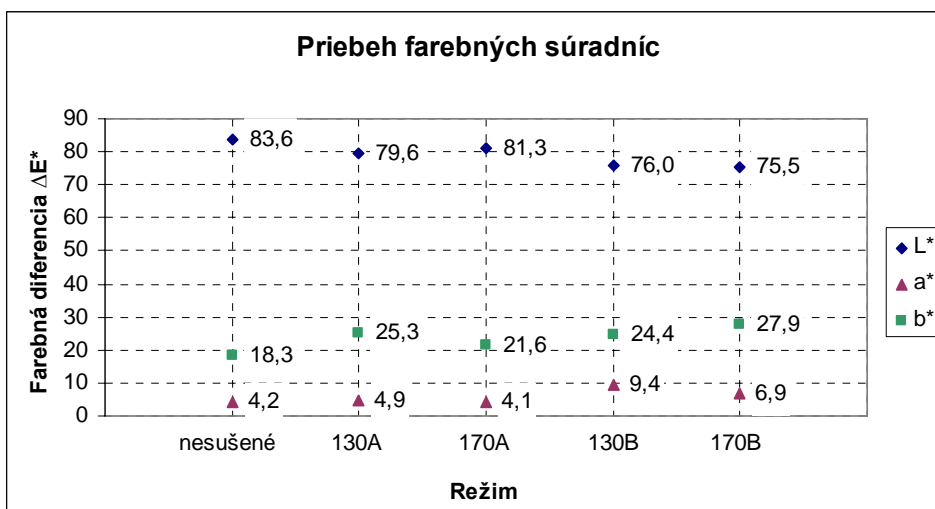
čas sušenia [h]	ΔE^*			
	130A	130B	170A	170B
0–2	2,3	2,2	3,7	3,3
2–4	3,3	0,9	4,7	5,1
4–7	3,2	1,2	4,9	3,1
7–10	–	1,8	–	3,3

Obr. 4 reprezentuje priebeh farebných súradníc už vysušených smrekových vzoriek. Súradnica L^* reprezentujúca jas farby sa po sušení znížila z pôvodných 83,6 na priemerných 78,1, najvýraznejšie pri režime 170B, kde sa prejavil výrazný vplyv sušiackej teploty. Znamená to, že svetlosť sušeného materiálu poklesla a zvýšením teploty drevo začalo tmavnúť.

Súradnica b^* z pôvodnej hodnoty 18,3 vystúpila na priemerných 24,8, opäť najvýraznejšie pri režime 170B – 27,9. Vzrast súradnice b^* spôsobil prechod farby k oblasti, ktorá sa blíži do žltého farebného spektra.

Farebná súradnica a^* tiež vzrástla, no rozdiel zmeny bol oproti predchádzajúcim dvom súradniciam najmenší. Z prvotnej hodnoty 4,2 sa dostala na priemernú úroveň 6,3. Najväčšiu jej zmenu sme zaznamenali pri režime 130B – 9,4, kde sa prejavil vplyv hrúbky materiálu. Dokázalo sa, že pri väčšej hrúbke sušeného materiálu je prejav farebnej zmeny menší, resp. farebná zmena sa s rastúcim časom sušenia prejavuje pomalšie ako pri tenšom materiáli.

Zmena súradníc spôsobila to, že vo farebnej oblasti sa farba nachádzala v oblasti medzi červenou a žltou a vzorky nadobudli po sušení hnedožltý odtieň na celom povrchu.



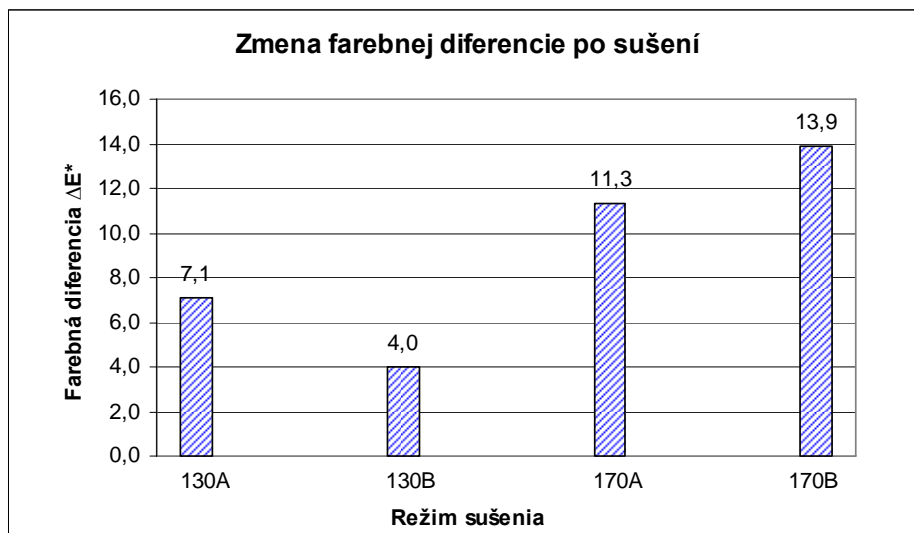
Obr. 4 Priebeh farebných súradníc po sušení
Fig. 4 Course of colour parameters after drying

Celkovú zmenu farebnej diferencie ΔE^* po sušení môžeme sledovať v Tab. 3 a na Obr. 5. Jej hodnoty sa pohybovali v rozmedzí od 4,0 po 13,9. Najvýraznejšiu zmenu farby bola dosiahnutá pri režimoch 170A – 11,3 a 170B – 13,9, teda pri vyššej teplote sušenia.

Z uvedeného jednoznačne vyplýva, že vyššia sušiacia teplota 170 °C má vplyv na vývoj farebných zmien v smrekovom dreve, pretože drevo stmavlo viac ako pri teplote sušenia 130 °C.

Tab. 3 Farebná diferencia ΔE^* po sušení
Tab. 3 Colour difference ΔE^* after drying

	130A	130B	170A	170B
L^*	79,6	81,3	76,0	75,5
a^*	4,9	4,1	9,4	6,9
b^*	25,3	21,6	24,4	27,9
ΔE^*	7,1			
	4,0			
	11,3			
	13,9			



Obr. 5 Zmena farebnej diferencie po sušení
Fig. 5 Change of colour difference after drying

ZÁVER

Experiment ukázal ako sa menila farba a farebné súradnice počas vysokoteplotného sušenia. Sušenie smrekových vzoriek vysokými teplotami skrátilo čas sušenia, pričom vzorky zmenili svoju farbu. Z pohľadu dvoch sušiacich teplôt sa potvrdil fakt, že ani teplota 130 °C ani teplota 170 °C negatívne na sušený materiál nepôsobí. Povrch vzoriek ostal po sušení a teda vyrovnaní vlhkosti v materiáli homogénny, bez škvŕn. Negatívny dopad na zmenu farby nemala ani živica, pretože sa počas sušenia odparila. Jednoznačne sa so zvyšujúcou teplotou a časom sušenia farba mení, drevo tmavne. So znižujúcou sa vlhkosťou vplyv teploty na farbu vzoriek klesal, najvýraznejšia zmena nastala v prvej fáze sušenia, v intervale vlhkosti od 27–31 %. V ďalšej etape sušenia sa farebná odchýlka menila menej. Najviac sa z farebných súradníc zmenila L^* – súradnica reprezentujúca jas, ktorá mala klesajúcu tendenciu. Hodnoty súradníc a^* , b^* sa menili menej výrazne, stúpali s narastajúcim časom sušenia. Smrekové vzorky nadobudli po

sušení tmavší, žltohnedý odtieň, čo dokazuje aj zmena farebnej odchýlky ΔE . Zmena farby bola viditeľná aj voľným okom. Dôvodom farebnej zmeny sú aj oxidačné reakcie medzi fenolickými látkami obsiahnutými v dreve.

LITERATÚRA

1. BALKOVSKÝ, I. – KLEMENT, I. – MARKO, P. Farebné zmeny bukového reziva pri použití vysokých teplôt v procese sušenia. In *Technológie spracovania dreva*. Zvolen: TU vo Zvolene, 2006. s. 23–29. ISBN 80–228–1666–3.
2. TREBULA, P. – KLEMENT, I. *Sušenie a hydrotermická úprava dreva*. II. vyd. Zvolen: TU vo Zvolene, 2005. 449 s. ISBN 80–228–1421–0.
3. SEHLSTEDT-PERSSON, M. Properties of Solid Wood: Responses to Drying and Heat Treatment. Skellefteå Campus, Sweden, 2005. 52 s. ISSN 1402–1757.
4. SEHLSTEDT-PERSSON, M: Colour responses to heat-treatment of extractives and sap from pine and spruce. In *Wood Drying*, Brasov, 2003.
5. HUNT, R. W. G. *Measuring color*. Second edition. (Ellis Horwood series in applied science and industrial technology). Ellis Horwood limited, 1995.
6. DELIJSKI, N. – DZURENDA, L.: Avtomatičeskoe upravlenije procesom konvektivno-kamernoj suški bukovych pilomaterialov s sochranenim ili c dopustimym izmenenijem ich estestvennoj okraski. In *Annals of Warsaw Agricultural University – Forest and Wood Technology*, No 53. 2003, s. 42–46.
7. NIKOLOV, S. J.: *Izmenenije na drevesinata pri propravane*. Sofia: Tehnika, 1985.

SUMMARY

The drying time was shortened at high temperature drying. The colour of the spruce samples got dark, mostly during the first drying stage (two hours). It appears the yellow-brown shade. The surface was smoothly colored, without stains. The occurrence of the colour changes heightened together with the accrued time and together with the accrued drying temperature. Abscess L^* - brightness of colour was mostly changed – it decreased, colour abscesses a^* and b^* were changed lesser, they heightened together with the increased drying time. Spruce wood is suitable to utilize in the broad extent, from the point of view of its colour change during the high temperature.

Pod'akovanie

Autori ďakujú agentúre VEGA MŠ SR za finančnú podporu pri riešení projektu 1/0231/08, v rámci ktorého vznikol prezentovaný príspevok.

Adresa autorov:

Ing. Michaela Matušková
doc. Ing. Ivan Klement, CSc.
Katedra mechanickej technológie dreva
Drevárska fakulta Technickej univerzity vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen
Slovensko
matuskovam@vsld.tuzvo.sk
klement@vsld.tuzvo.sk

