

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická

Množství zbytkových rozpouštědel v závislosti na způsobu sušení

Tereza Nedbalová

Bakalářská práce

2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tereza Nedbalová**
Osobní číslo: **C12527**
Studijní program: **B3441 Polygrafie**
Studijní obor: **Polygrafie**
Název tématu: **Množství zbytkových rozpouštědel v závislosti na způsobu sušení**
Zadávací katedra: **Katedra polygrafie a fotofyziky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Na základě studia odborné literatury popište danou problematiku
2. Popište tiskové zařízení a jednotlivé sušicí systémy
3. Popište zařízení pro analýzu zbytkových rozpouštědel
4. Odeberte vzorky tisku, získejte údaje o obsahu zbytkových rozpouštědel
5. Získané výsledky analyzujte a přehledně zpracujte ve formě závěrečné zprávy

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

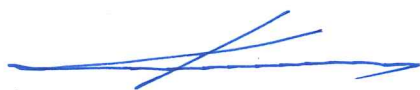
Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jiří Hejduk, Ph.D.

Katedra polygrafie a fotofyziky

Datum zadání bakalářské práce: **11. února 2015**

Termín odevzdání bakalářské práce: **3. července 2016**



prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.
děkan

L.S.



prof. Ing. Petr Němec, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 29. února 2016

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Kolíně dne 11. července 2016

.....
Tereza Nedbalová

Touto cestou bych chtěla poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce, Ing. Jiřímu Hejdukovi, Ph.D., za veškerou pomoc, cenné podněty a vstřícnost při zpracování tématu této bakalářské práce. Dále pak společnosti Soma, spol s.r.o, která nám vyšla vstříc s testováním na flexotiskovém stroji Optima. Také bych chtěla poděkovat společnosti OTK group a.s. za umožnění vyhodnocování výsledků na plynovém chromatografu výrobce značky Perkin Elmer. V neposlední řadě patří mé poděkování také mé rodině a mému příteli za podporu v průběhu mého studia.

ANOTACE

Cílem této práce bylo zjistit, jaké procesy v průběhu tisku mají vliv na podíl zbytkových rozpouštědel ve flexibilních obalech. Především u obalů pro potraviny je velmi důležité, aby po potisku obalů nezůstaly ve vrstvě barev zbytková rozpouštědla ve větším množství. Vždy nepatrná část rozpouštědel v obalu zůstane, proto je nutné sledovat, aby podíl rozpouštědel v obalech nepřesáhl určitou hranici. [1] Experimentální část se zaměřuje na množství zbytkových rozpouštědel při různém nastavení tiskového stroje a při různém způsobu sušení. Tiskové testy byly tištěny ve spolupráci se společností Soma spol. s r.o. na jejich flexotiskovém stroji Optima pro potisk flexibilních obalů, který má koncept sušení založen na principu mezibarevníkového sušení a sušícího tunelu. Vzorky se následně změřily chromatografem výrobce značky Perkin Elmer.

KLÍČOVÁ SLOVA

zbytková rozpouštědla, flexibilní obaly, flexotisk.

TITLE

The amount of residual solvents depending on the drying method

ANNOTATION

The aim of this thesis was to determine what processes affect the percentage of residual solvents in flexible packaging during printing. Especially for food packaging it is very important not to remain any residual solvents in large quantities in the layer of inks after package print. There is always a tiny portion of the solvent in the package, so it is necessary to monitor the proportion of solvents in the packaging not to exceed a certain limit. [1] The experimental part focuses on the amount of residual solvents with different settings of the printing machines at different drying processes. Printing tests were printed in the cooperation with the company of Soma et al. s r. o. in their flexographic machines Optima for printing flexible packaging, which has a drying concept based on the principle between inking mechanism drying and a tunnel drying. Then the samples were measured at the chromatograph of Perkin Elmer.

KEYWORDS

residual solvents, flexible packaging, flexographic printing.

OBSAH

1.	ÚVOD	9
2.	TEORETICKÁ ČÁST	10
2.1	Sušení	11
2.1.1	Flexotiskový stroj Soma Optima	12
2.2	Tiskové barvy	14
2.2.1	Složení tiskových barev	14
2.2.2	Flexotiskové barvy	15
2.3	Flexibilní obaly	19
2.3.1	Flexibilní obaly v potravinářství	20
2.4	České technické normy pro měření zbytkových rozpouštědel	21
2.4.1	Stanovení zbytkových rozpouštědel dynamickou absolutní metodou	21
2.5	Potisk obalů potravin	23
3.	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	25
3.1	Použité materiály	25
3.2	Postup	26
3.2.1	Měření č. 1 – Vliv rychlosti tisku	27
3.2.2	Měření č.2 – Vliv teploty mezibarevníkového sušení	28
3.2.3	Měření č. 3 – Vliv navýšení teploty v sušícím tunelu	29
3.2.4	Měření č. 4 – Zmenšení výkonu ventilátoru tunelu	30
3.2.5	Měření č. 5 – Vliv koncentrace ředidel v sušícím systému	31
3.2.6	Měření č. 6 – Vliv teploty centrálního tlakového válce	32
4.	ZÁVĚR	33

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK

Obrázek 1 <i>Flexotiskový stroj Optima; výrobce SomaEngineering</i>	12
Obrázek 2 <i>Flexotiskový stroj Optima; pohled na centrální tlakový válec s osazenými tiskovými jednotkami</i>	12
Obrázek 3 <i>Flexotiskový stroj Optima s centrálním válcem</i>	13
Obrázek 4 <i>Poměr jednotlivých složek ve flexotiskových barvách</i>	16
Obrázek 5 <i>Plynový chromatograf Clarus 500</i>	26
Obrázek 6 <i>Zbytková rozpouštědla na základě měření při různých rychlostech tisku</i>	27
Obrázek 7 <i>Vliv teploty na mezibarevníkové sušení</i>	28
Obrázek 8 <i>Vliv navýšení teploty v sušícím tunelu</i>	29
Obrázek 9 <i>Vliv na snížení výkonu ventilačního systému sušícího tunelu</i>	30
Obrázek 10 <i>Vliv koncentrace ředidel v sušícím vzduchu na úroveň zbytkových rozpouštědel</i>	31
Obrázek 11 <i>Změna teploty centrálního tlakového válce</i>	32
Tabulka 1 <i>Přehled podílu flexotiskové techniky při výrobě různé polygrafické produkce</i>	10
Tabulka 2 <i>Nastavené parametry sušení při měření č.1</i>	27
Tabulka 3 <i>Nastavené parametry sušení při měření č.2</i>	28
Tabulka 4 <i>Nastavené parametry sušení při měření č.3</i>	29
Tabulka 5 <i>Nastavené parametry sušení při měření č.4</i>	30
Tabulka 6 <i>Nastavené parametry sušení při měření č.5</i>	31
Tabulka 7 <i>Nastavené parametry sušení při měření č.6</i>	32

1. ÚVOD

Flexotisk je tisková technika, která patří do skupiny tisku z výšky. V posledních letech dochází k jeho rychlému vývoji. Flexotiskem je možné potisknout široké spektrum materiálů: vlnité lepenky, papíry, fólie polymerní, čiré, zbarvené, metalizované či kovové. Jedná se o nejčastěji používanou technologii pro výrobu flexibilních obalů, což je dáno univerzálností flexotisku.

Flexibilní obaly představují měkké, ohebné obaly, které nacházejí stále širší uplatnění. Používají se například pro balení potravin (cukr, mouka, chipsy, sušenky), chemických látek (prací prášky, hnojiva, postřiky), krmení pro zvířata ale i pro balení elektronických výrobků, nářadí atd. U potravinářských obalů jsou stále důležitější zbytková rozpouštědla v barvách a lacích. Sušení zde hraje rozhodující úlohu. [2]

Vždy nepatrná část rozpouštědel v obalu zůstane, proto je nutné sledovat, aby podíl rozpouštědel v obalech nepřesáhl určitou hranici. Při větším obsahu mohou rozpouštědla migrovat skrz nosný materiál obalů nebo kontaminovat spodní stranu obalů při skladování obalů v roli. Zvýšená hladina zbytkových rozpouštědel může tímto způsobem ovlivňovat vlastnosti baleného zboží, nebo se může projevat patrným zápachem obalů.

O tom, jak je tato problematika důležitá svědčí trojice norem, která se vztahuje k zjišťování obsahu zbytkových rozpouštědel v měkkých obalových materiálech. Jedná se o české technické normy ČSN EN 13628-1, 13628-2 a 14479.[1]

2. TEORETICKÁ ČÁST

Flexotisk byl vyvinut především pro potisk obalových materiálů. Dnes se touto technikou potiskují vedle pytlů, sáčků, lepenek, polymerní fólie, samolepicí etikety, tapety také balící papíry a dopisní obálky. [2] Oblasti používání flexotisku a nárůsty v minulosti v % jsou znázorněny v Tabulce 1. [3]

Tiskne se většinou „z role na roli“. Flexotisk používá podobně jako knihtisk tiskové formy s vyvýšenými tisknouchými místy. Tiskové formy jsou však obvykle vyrobeny z flexibilních elastomerů nebo polymerů. Vyvýšené části přijímají a přenášejí tekutou nízkoviskózní barvu, místa zahluobená zůstávají nezabarvená. Tiskové desky (klišé) se montují na formový válec např. pomocí oboustranné lepicí pásky. [4]

Flexotisk využívá pružné tiskové formy a nízkoviskózní rychleschnoucí barvy, při tisku více barvami se tedy jedná o tisk do suché. Nízkoviskózním barvám odpovídá jednodušší konstrukce flexotiskové jednotky. Kromě tlakového válce může mít flexotisková jednotka dva válce aniloxový a formový, příp. ponorný válec.

Přebytek barvy se z aniloxového válce stírá komorovým stěračem. Množství přenesené barvy odpovídá objemu a geometrii jamek válce. [4]

Tabulka 1 Přehled podílu flexotiskové techniky při výrobě různé polygrafické produkce

Druh výrobku	Podíl flexotisku v %	Nárůst 1986- 1990 v %	Nárůst 1991-2000 v %
Flexibilní obaly	26	6	3,0
Kartonáže a vlnité lepenky	18	0,5	0,5
Vlnitá lepenka (preprint)	3	5,0	5,0
Odnosné tašky	11	1,5	1,0
Papírové pytle	8	1,0	/
Nápojové obaly	6	8,0	5,0
Etikety	5	4,0	3,0
Ostatní	23	/	/

2.1 Sušení

Sušící zařízení se obvykle skládají u flexotiskových strojů s centrálním tlakovým válcem ze sušících segmentů umístěných mezi tiskovými jednotkami a z centrálního sušícího tunelu, který má dokonale dosušit všechny vytištěné vrstvy barev a laků před navinutím potisknutého materiálu do role. Většinou se používá sušení zahřátým vzduchem s vysokou rychlostí. [4]

Koncepce sušení zaručují vysoký stupeň účinnosti prostřednictvím speciálních systémů trysek, vysoký výkon a recirkulační provoz v prostoru tiskového agregátu. Rychlosti vzduchu jsou regulovatelné a mohou při výstupu z trysek činit až 50 m/sec. Výstupní rychlosti vzduchu také pro citlivé materiály jsou umožněny uspořádáním vodících válečků pod každou tryskou. [21] Vodící válečky a chladicí válce, jejichž čepy jsou uloženy v bočnicích stroje a ne v sušícím tunelu, jsou synchronně poháněny rychlostí dráhy materiálu. Ohřívání sušícího vzduchu se provádí přes výměník tepla termoolejem nebo párou. Tento princip zajišťuje nejvyšší hospodárnost ve vztahu mezi recirkulací vzduchu a regulováním zahušťování výparů rozpouštědel v odváděném vzduchu. [5]

Podle požadavků následuje regulace teploty společně pro všechny tiskové jednotky nebo také jednotlivě pro každý sušící segment. Samozřejmě po každém sušícím procesu se dráha materiálu musí opět ochladit. K tomuto se používají dvouplášťové chladicí válce, které jsou rovněž poháněny. U materiálu náchylných na teplotní roztažnost je jejich dráha vedena přes chladicí válce (chilldrum), kde je substrát při sušení zároveň ochlazován. U materiálů náchylných na paměťový efekt (například kartony) je nutné takové uzpůsobení dráhy, které bude eliminovat jejich výrazné ohýbání. [5]

Na sušení závisí výkon tiskového stroje. Toto se obvykle stává u plných ploch, které jsou nanášeny v tiskových jednotkách nebo při podkladovém lakování, popř. přelakování. Kvalitní tisk vyžaduje velmi dobré sušení. [22] U potravinářských obalů jsou stále důležitější zbytková rozpouštědla v barvách a lacích a sušení zde hraje rozhodující úlohu. I když dnes většinou používané barevné systémy obsahující rozpouštědla jsou částečně nahrazovány disperzními barvami nebo jinými systémy. Např. jsou rozpouštědlové barvy nahrazovány UV barvami, sušící jednotky jsou nahrazeny vytvrzovacími jednotkami, které produkují UV záření a mění tím koncepci stroje. Koncepce sušení rozpouštědlových barev zaručuje také vysoký stupeň účinnosti prostřednictvím speciálních systémů trysek, vysoký

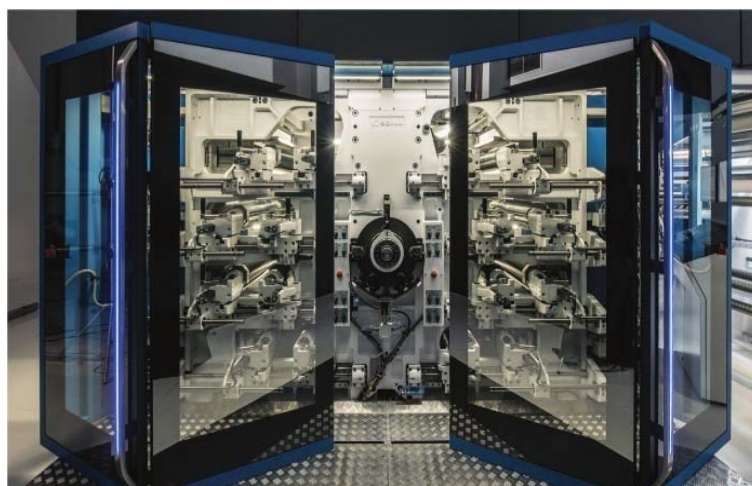
výkon a recirkulační provoz v prostoru tiskových jednotek. Rychlosti vzduchu jsou proměnné a mohou být při výstupu z trysek až 50 m/sec. [6]

2.1.1 Flexotiskový stroj Soma Optima

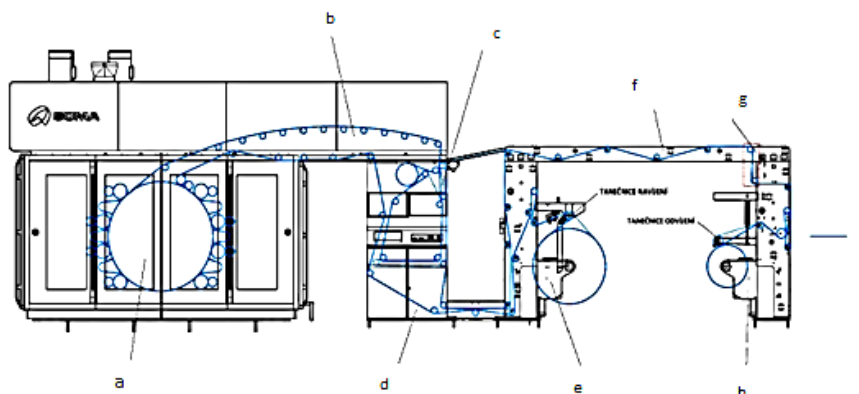
Flexotiskový stroj Soma Optima (Obrázek 1, 2, 3) je osmibarvový stroj s šíří tisku 820 mm, který byl představen na trh v červenci 2014. Jedná se o tiskový stroj s centrálním tlakovým válcem. [7]



Obrázek 1 Flexotiskový stroj Optima; výrobce SomaEngineering



Obrázek 2 Flexotiskový stroj Optima; pohled na centrální tlakový válec s osazenými tiskovými jednotkami



Obrázek 3 Flexotiskový stroj Optima s centrálním válcem

(a – centrální tlakový válec s tiskovými jednotkami a mezibarevníkovým sušením, b – sušící tunel, c – kontrolní videosystém, d – stranové vyrovnání dráhy materiálu nebo také stranová regulace, e – odvíjecí jednotka, f – koncová část stroje, g – stranová regulace, h – navíjecí jednotka, i – standardní dráha pásu)

Stanovené použití sušícího zařízení

Sušení je realizováno pomocí tříventilátorové koncepce, kde první ventilátor přivádí horký vzduch k tryskám do okruhu mezibarevníkového sušení, druhý ventilátor přivádí horký vzduch do hlav v sušícím tunelu a třetí ventilátor zajišťuje odvod vzduchu s lihovými výparů ven ze stroje v případě dosažení stanovené koncentrace výparů ve vzduchu. Sušící hlavy jsou vybaveny dvěma tryskami navrženými tak, aby zajišťovaly vysokou rychlost a objem proudícího vzduchu. Celý systém je softwarově řízen podle aktuálních podmínek tisku. Sušící tunel je tepelně i hlukově izolovaný. Usušený materiál nabíhá na chladící válec a poté putuje dále do koncové části stroje.

Sušička slouží pro sušení tiskových barev nanesených na materiál procházející sušičkou. Barvy mohou být vodou nebo lihem ředitelné. [7]

2.2 Tiskové barvy

Všechny konvenční tiskové techniky využívají tiskové barvy jako prostředek přenosu a kontrastní prostředek, jehož prostřednictvím se na potiskovaný materiál přenáší informace. Vhodnou volbou materiálů (např. černé barvy a bílého potiskovaného materiálu) se informace stává viditelnou a po zaschnutí barvy dlouhodobě trvanlivou. Tiskové barvy se obecně skládají z barevného prostředku (nerozpustného pigmentu a/nebo rozpustného barviva), pojiva (jehož základní složkou je filmotvorná látka), rozpouštědla a speciálních přísad (aditiv). Pojivo a rozpouštědlo slouží k transportu barvy, nastavení viskozity, rychlosti sušení barvy, schopnosti téci i přilnavosti barevných látek na potiskovaném materiálu. Zatímco knihtiskové a ofsetové barvy jsou obvykle vazké, vysoce viskózní pasty flexotiskové a hlubotiskové barvy jsou kapalné a složením jsou si poměrně blízké. Jejich společnými charakteristickými rysy jsou tekutost a rychlé zasychání. V současnosti však sílí trend využívání viskóznějších flexotiskových barev. [8]

Vlastnosti tiskových barev jsou navzdory ke všem zvoleným tiskovým technikám odlišné. To samé platí u zvoleného potiskovaného materiálu. Každý materiál vyžaduje barvy jiných vlastností k dokonalé adhezi na jeho povrchu. U potisku obalových materiálů je dále kladen důraz na nezávadnost barev je důrazně kladen při potisku obalových materiálů, především potravinových (tedy změna v jejich dosavadním složení). [23]

2.2.1 Složení tiskových barev

Mezi základní složky tiskových barev pro klasické tiskové techniky patří rozpouštědla, barevné pigmenty, pojiva (jejichž základem jsou filmotvorné látky) a různá aditiva. [9]

Důležité je, aby tisková barva byla schopna přenést informaci z tiskové formy na potiskovaný materiál. Dále musí být dobře viditelná, k čemuž dopomáhají koloranty.

Převážně velkou část tiskových barev (30-65 %) tvoří rozpouštědla. Alifatické a aromatické uhlovodíky, alkoholy, ketony používáme jako organická rozpouštědla. Při používání alifatických uhlovodíků je nutné dbát zvýšené bezpečnosti.

Schopnost rozpustit dané pojivo i ostatní prvky obsažené v barvě musí mít samotné rozpouštědlo a poté musí rychle a bezezbytku a vytěkat. Požadavky na rozpouštědla jsou takové, že nesmí poškodit části tiskového stroje. Dalším velkým požadavkem je péče o hygienu, toxikologii a především bezpečnost práce při manipulaci s danými druhy rozpouštědel. [2]

2.2.2 Flexotiskové barvy

Flexotiskové barvy jsou svým složením a vlastnostmi často podobné barvám hlubotiskovým, ze kterých byly původně odvozeny. Flexotisková barva se přenáší na flexibilní tiskovou formu z jamek aniloxového válce. Z toho vyplývá požadavek co nejlepšího plnění a vyprazdňování jamek válce i při vysokých rychlostech tisku. Proto mají flexotiskové barvy poměrně nízkou viskozitu 50-500 m/Pas.

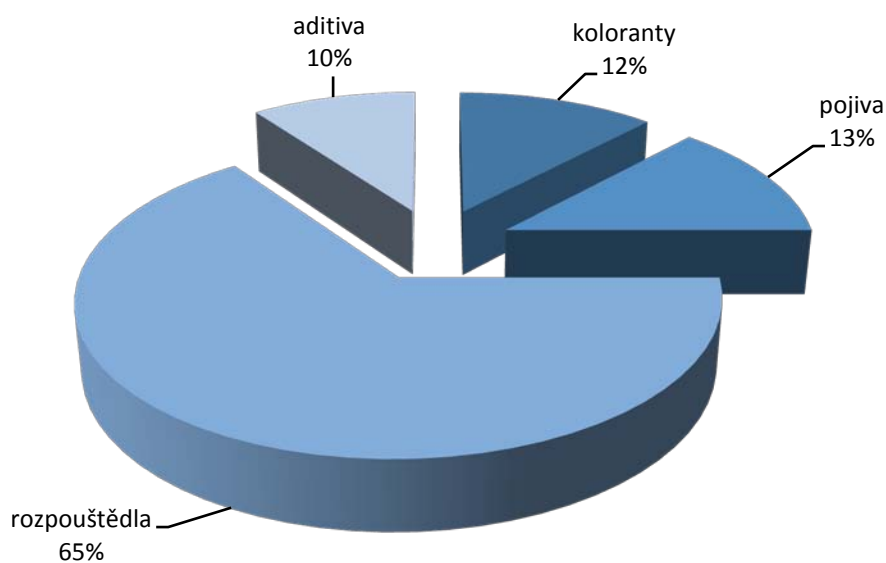
Barva by na potiskovaném materiálu měla zaujmout plochu, na jakou byla přenesena. Při přenosu barvy na potiskovaný materiál (zvláště neporézní, především fólie) hraje kromě tlaku a viskozity barvy významnou roli také povrchová energie (povrchové napětí) obou materiálů. Příliš nízké povrchové napětí barvy vůči potiskovanému materiálu přispívá k rozšiřování tiskových bodů a naopak příliš vysoké povrchové napětí barvy vede ke zmenšování plochy nanesené barvy, kdy vzniká tzv. pomerančový efekt.

Flexotiskem lze nanášet barvové filmy s tloušťkou asi 3 mikrometry v suchém stavu. Běžné flexotiskové barvy zasychají odpařením rozpouštědel za zvýšené teploty. Obsahují většinou značný podíl těkavých rozpouštědel, protože barva musí schnout rychle (tisk do suché), zároveň ale nesmí zasychat už v jamkách aniloxového válce. Rozpouštědla také nesmějí narušovat fotopolymerní nebo pryžové tiskové formy. Základním typem flexotiskových barev jsou barvy označované jako lihové – jedná se o rozpouštědlové barvy s ethanolem a menším podílem ethylacetátu, který urychluje zasychání a je účinnějším rozpouštědlem než ethanol. Rozšířené jsou i barvy vodové (s alkoholem jako pomocným rozpouštědlem), používané hlavně na porézní savé materiály – na papír, vlnitou lepenku apod. Flexotiskové UV barvy umožňují kvalitní tisk silnějších barvových filmů. Často se využívají při tisku samolepicích etiket. Chemicky vytvrzované ethylacetátové dvousložkové barvy s polymerním isokyanátem jako tužidlem jsou vhodné např. na potisk fólií z polyolefinů. Na pigmenty se z hlediska vlastního procesu flexotisku nekladou žádné zvláštní požadavky.

Flexotiskem je možné potiskovat nejrůznější typy materiálů včetně kombinovaných (např. vrstvených) a tomu odpovídá i velký sortiment dostupných barev. Flexotisk se využívá především k potisku obalových materiálů a obalů. Typická barva pro obaly (vodová nebo rozpouštědlová) obsahuje 12% hm. kolorantů, 13% hm. pojiv, 65% hm. rozpouštědel a 10% hm. Aditiv, což je znázorněno na Obrázku 4. [2] Podíl rozpouštědla ve flexotiskových barvách může být i nižší, např. kolem 50% hm. Pojivem v rozpouštědlových

flexotiskových barvách je nitrocelulóza (v kombinaci s tvrdými pryskyřicemi např. na bázi kalafuny) nebo polyvinylchlorid. Jako rozpouštědla těchto pojiv se vedle ethanolu a ethylacetátu někdy uplatňují i propylalkoholy a příslušné acetáty. V případě potřeby zpomalení zasychání se přidávají tzv. zpomalovače, tedy méně těkavá rozpouštědla, jako ethoxypropanol, methoxypropylacetát či methoxypropanol. Pojiva flexotiskových barev mohou obsahovat také změkčovadla, jako přísady se běžně uplatňují vosky, hlavně u vodových barev pak také biocidy a odpěňovače.

Podle potřeby je možné upravovat flexotiskové barvy ředěním rozpouštědly nebo pomocí zářezu, který složením běžně odpovídá barvě bez pigmentů. Při ředění rozpouštědly se zachovává poměr pigmentu a pojiva, klesá viskozita barvy a zeslabuje se nanesený film. Přidáváním zářezu klesá podíl pigmentu v barvě a její barevná vydatnost, viskozita barvy a tloušťka jsou ovlivněny méně. Těmito úpravami lze modifikovat vybarvení motivu i reprodukci detailů. [2]



Obrázek 4 Poměr jednotlivých složek ve flexotiskových barvách

2.2.2.1 Rozpouštědlové flexotiskové barvy

Součástí rozpouštědlových flexotiskových barev jsou organická rozpouštědla (tzn. za normálního tlaku při teplotě místnosti kapaliny, schopné rozpouštět pojivo), přísady

a barviva flexotiskové barvy aniž by přitom došlo k chemickým změnám. Vedle toho musí mít řadu dalších požadovaných vlastností, např. nízkou toxicitu, bezbarvý vzhled, chemickou stálost, odpařování beze zbytku, atd. [4]

Pro rozpouštědlové flexotiskové barvy jsou nejdůležitějšími rozpouštědly hlavně nízko až střednětěkavé látky: ethanol, izopropylalkohol, butanol (v menším rozsahu), ethylacetát, isopropylacetát, cyklohexan a methoxypropylacetát, ve speciálních případech také toluen.

Pojiva rozpouštědlových barev nitrocelulóza (nitrát celulózy) a polyvinylacetáty (polyvinylbutyral) ($R=C_3H_7$).

Nitrocelulózové pojiva mají vynikající rozpustnost v ethylacetátu a ve směsích ethanol/acetát. Dalšími charakteristickými vlastnostmi je například: dobrá smáčivost pigmentových částic, logické vlastnosti (při dobré sušině), vynikající filmotvorné vlastnosti, vysoká odolnost vůči teplotě. Nevýhody nitrocelulózových pojiv – nerozpustné v ethanolu (ethanol je nepravé rozpouštědlo), s vlhkostí tvoří neklidný tiskový film, na celou řadu fólií nutno použít primery, velmi křehké, lamináty nejsou odolné sterilizací, reaktivita s metalickými pigmenty. [10]

PVB pojiva mají velmi dobrou rozpustnost v ethanolu, dobře smáčí pigmentové částice, mohou být kombinované s mnoha typy pryskyřic a jsou to vynikající pryskyřice pro kaširování. PVB je velmi měkká pryskyřice s nízkým bodem tání, barvotisk je kvalitně horší jak u NC barev, pigmentace je nižší než u NC barev což je velká nevýhoda PVB flexotiskových barev.[10]

2.2.2.2 *Rozpouštědla*

Tiskové barvy obsahují většinou rozpouštědla v rozsahu 20-65 %. Rozpouštěcí schopnosti jsou hlavními atributy pro výběr rozpouštědel, pro použité pojivo, rychlosti schnutí natištěného filmu i další složky barvy. Vlastnost rozpouštědel těkavost, musí bezpodmínečně odpovídat tiskové technice, resp. typu barevníku tak, aby zde nedocházelo

k nežádoucím změnám vlastností barvy, zasychání barvy na válcích barevníku apd. Výběr rozpouštědla je omezen na látky, které nepoškozují tiskové formy.

Při volbě rozpouštědel tiskových barev se uplatňují hlediska hygienická, toxikologická, ekologická a požárně bezpečnostní, vlastnosti charakterizující např. hodnot LD50 A LC40, PEL. [2]

Barvy na bázi organických rozpouštědel jsou nejčastěji používány k potisku nesavých materiálů a dále v případech, kdy je vyžadován dostatečný lesk potisku, jeho dobrá odolnost například proti oděru a vyšší rychlost tisku. Výhodou těchto barev je skutečnost, že proces jejich zasychání je vratný. V praxi to znamená, že zaschlý film barvy je možné znovu rozpustit pravým rozpouštědlem, většinou se jedná o estery, a je tedy možné bez problémů umývat prakticky všechny části tiskového stroje, které v průběhu tisku přicházejí do styku s barvou. [11]

Vliv na zbytková rozpouštědla má nastavení parametrů sušicího systému flexotiskového stroje. Jak pro mezibarevníkové sušení, tak pro hlavní sušící tunel lze nastavit různé parametry jejich činnosti. Je možné měnit teplotu sušicího vzduchu, rychlost proudění sušicího vzduchu, výměnu vzduchu v sušícím systému nebo lze měnit teplotu centrálního tlakového válce. Všechny tyto faktory mají nebo mohou mít vliv na průběh sušení barvových vrstev a tím i na množství zbytkových rozpouštědel v obalu. [1]

Daleko podstatnější vliv na zbytková rozpouštědla má použití typu tiskových barev, které se mohou lišit pojivovým systémem (NC, PVB), ředidly (směs ethanolu s ethylacetátem jen ethanol) a hlavně použitým zpomalovačem (ethoxy nebo methoxypropanol). [1]

Zpomalovač se přidává do tiskových barev z toho důvodu, aby tiskové barvy neschly příliš rychle a nezasychaly již na tiskové formě. Má větší molekulu než ethanol a pomaleji se vypařuje. Nejvíce se zpomalovač v barvě uplatňuje při rozjezdu zakázky, kdy se tiskne nízkou rychlostí, aby se ušetřil potiskovaný materiál a získal dostatečný čas na nastavení tiskového stroje. Po rozjetí zakázky však nehrozí již takové nebezpečí zasychání barvy na tiskové formě a podíl zpomalovače můžeme značně omezit. Tím podstatně snížíme i obsah zbytkových rozpouštědel ve vyráběných obalech. [1]

2.3 Flexibilní obaly

Obaly, které jsou vyrobené z materiálů, jenž jsou certifikovány na použití v potravinářství, vhodné například na výrobu sáčků. Na výběr je z mnoha vlastností například: udržitelnosti aroma, odolnosti proti vlhkosti, průhlednosti. Jedná se o tzv. různé bariérové vlastnosti obalů. [13]

Flexibilní obaly jsou obaly, které s úbytkem objemu mění nebo mohou měnit svůj tvar, při zachování stejné úrovně ochranných vlastností – tašky, sáčky, pytle, obchodní tašky, obálky atd. Tato vlastnost není navázána na jeden konkrétní typ materiálu. Vedle plastových obalů se často využívají i kompozitní hliníkové fólie a papír. [14]

Obal je velmi účinná bariérová vrstva, která chrání zabalenou surovinu před vnějším prostředím, které je plné mikroorganismů, které mohou potravinu jakkoli poškodit. Ale i samotný obal může potravinu kontaminovat, je třeba dbát na to, aby nebyl nijak poškozený a byl vyrobený z nejvhodnějšího materiálu. Jaký typ obalu použijeme, závisí na spoustě kritérií. Hlavním z nich jsou podmínky, kterým bude potravina po dobu své životnosti vystavena. Obal musí být schopen zvládnout jakékoli změny (například ohřívání, mražení), aby se vyvarovalo poškození potraviny. Také atmosféra v obalu má svoji roli. Obsah kyslíku uvnitř obalu a mimo něj je odlišný, uvnitř obalu je minimální, skoro až nulový. V jistých případech takový obsah kyslíku potravinám škodí, proto se atmosféra baleného produktu volí v závislosti na jeho charakteristice. Jedná se o řízenou atmosféru, což znamená, že atmosféra uvnitř obalu se může ovlivňovat a korigovat. Často je tomu tak u potravin, u nichž je důležitá čerstvost, proto se vhodně volí i způsob balení. Všechny používané obalové materiály musí být nejen dobře potisknutelné, musí mít dobré mechanické vlastnosti a musí být hygienicky nezávadné. Jde například o balení chipsů, buráků, kávy nebo hlavně čerstvé zeleniny a ovoce. Především u zeleniny a ovoce se fólie na jejich zabalení musí perforovat. Je tím sice snížena jejich bariérová vlastnost, ale zároveň umožníme jejich propustnost výše zmíněných plynů, což dá potravinám lepší svěžest a déle vydrží čerstvé. [15]

Tyto typy materiálů mají hned několik nezanedbatelných výhod: nízkou hmotnost, vysokou bariérovou ochranu produktu zvláště vůči vlhkosti, omaku, otěru, mastnotě, propustnosti par či ztrátě aromatu. Měkké fólie jsou navíc většinou odolné nejen vůči vodě, ale i rozpouštědlům, jsou dobře svařitelné, tedy dobře zpracovatelné na jednotlivé typy obalů. Obaly z těchto materiálů jsou navíc velice dobře potiskovatelné, čímž je umožněn

vstup do špičkového obalového designu. Na rozdíl od pevných materiálů zde není kladen důraz na náročnost konstrukce obalu. Velká variabilita je právě v použití materiálů. [26]

2.3.1 Flexibilní obaly v potravinářství

Hlavním úkolem obalu je ochrana potravin před znehodnocením a znemožnění záměny nebo změny obsahu. Obaly musí splňovat požadavky stanovené pro materiály přicházející do styku s potravinami a nesmí potraviny sensoricky ovlivnit.

Za tímto účelem je sledováno vyluhování určitých složek obalu do potravin (z laků, pryskyřic, plastů apod.), jsou stanovovány „limity migrace látek“ a potraviny jsou z hlediska takové kontaminace kontrolovány.

Příkladem zkoumaných, omezovaných nebo zakázaných látek jsou bisfenoly - složky epoxyfenolových pryskyřic, které se používají jako vnitřní nátěry konzervových plechovek, cín používaný jako ochrana vnitřní plochy nelakované plechovky, olovo z pájky používané ke svařování konzervových plechovek, semikarbazid jako složka těsnění na víčkách konzervových sklenic a lahví (problém hlavně u kojenecké výživy), PCB jako složky laků a plastů, ftaláty jako změkčovadla při výrobě PVC. [16]

U těchto druhů obalů je důležité, aby po tisku obalu nezůstaly ve vrstvě barev zbytková rozpouštědla. Pokaždé se najde nepatrná část rozpouštědel, které ve vrstvě zůstanou. Je nezbytné sledovat podíl rozpouštědel, aby nepřesáhl určitou hranici. Při větším obsahu mohou rozpouštědla migrovat skrz nosný materiál obalů nebo kontaminovat spodní stranu obalů při skladování obalů v roli. Zvýšená hladina zbytkových rozpouštědel může tímto způsobem ovlivňovat vlastnosti baleného zboží, nebo se může projevit patrným zápachem obalů. O tom, jak je tato problematika důležitá, svědčí trojice norem, která se vztahuje k zjišťování obsahu zbytkových rozpouštědel v měkkých obalových materiálech. Jedná se o normy ČSN EN 13628-1, 13628-2 a 14479.[1]

2.4 České technické normy pro měření zbytkových rozpouštědel

2.4.1 Stanovení zbytkových rozpouštědel dynamickou absolutní metodou

Stanovení zbytkových rozpouštědel dynamickou absolutní metodou popisuje norma O Stanovení zbytkových rozpouštědel plynovou chromatografií za použití dynamické metody „headspace“; Absolutní metoda ČSN EN 14479.[17]

2.4.1.1 Předmět normy

Tato norma stanovuje metody pro kvantitativní stanovení zbytkových rozpouštědel ve flexibilních obalech plynovou chromatografií za použití dynamického „headspace“ postupu (metoda odběru vzorku z prostoru nad zkoušeným materiálem), kdy je před zahájením analýzy známa chemická identita těchto zbytkových rozpouštědel. Stanovení produktů tepelného rozkladu není předmětem této normy. [17]

Metoda je použitelná pro flexibilní obalové materiály, které se mohou skládat z jedné nebo více tenkých vrstev plastů, papíru nebo lepenky, kovů. Popř. dalších materiálů, nebo z jejich kombinací. Tato metoda se nevztahuje na zbytková rozpouštědla v množství menším než $0,5 \text{ mg/m}^2$. [17]

2.4.1.2 Princip

Zbytková rozpouštědla se uvolní ze zkušební vzorku do okolního plynného prostředí, ze kterého se kontinuálně odvádí proudem inertního plynu. Při tomto postupu tak nemůže být nikdy dosažena termodynamická rovnováha mezi vzorkem a okolní plynnou fází. [17]

Inertní plyn je veden přímo nad vzorkem, jehož teplota je regulována, po dobu dostatečnou k uvolnění většiny přítomného rozpouštědla. [17]

Vlastní stanovení uvolněných látek se provede metodou plynové chromatografie. Protože se odebírá velký objem plynu, je zapotřebí před analýzou sledované analyty zkoncentrovat pomocí tuhých adsorbentů nebo kryogenních kapalin. Pracovní postup je možné rozdělit do dvou etap:

- Uvolnění, odtahování a zachycení těkavých látek
- Jejich desorpce a přenos do kolony plynového chromatografu

2.4.1.3 Použité chemikálie

Čistota všech chemikálií musí odpovídat stupni pro analýzu. Referenční rozpouštědla k přípravě standardních kalibračních roztoků sledovaných analytů. Rozpouštědla pro případné ředění standardních vzorků vykazujících při použité metodě stanovení retenční časy odlišné od retenčních hčesů zbytkových rozpouštědel ve vzorku. [17]

2.4.1.4 Postup

1. Vzorek se temperuje při stanovené době a teplotě.
2. Uvolněná rozpouštědla se proudem inertního plynu transportují do zařízení pro jímání těkavých látek, které obsahuje jeden nebo více tuhých adsorbentů nebo je vybaveno kryogenním systémem.
3. V zařízení pro jímání těkavých látek se provede zvýšením teploty jejich desorpce ze sorbetu a uvolněná zkoncentrovaná rozpouštědla se proudem nosného plynu převedou do kolony plynového chromatografu.
4. Druhé vytěsnění: vzorek se temperuje, doba a teplota jsou stanoveny.
5. Se stejnou ampulkou/lahvičkou se opakuje pracovní postup 2. a 4. Alespoň ještě dvakrát, dokud se při druhém nástřiku, nebudou plochy odpovídající všem testovaným rozpouštědlům rovnat nejvýše 5% ploch z prvního nástřiku. Je-li toho dosaženo, není nutné ve zkoušce dále pokračovat a jako referenční hodnota pro výpočet se bere součet ploch prvních nástřiků.
6. Třetí vytěsnění, podle pracovního postupu 3. [17]

2.4.1.5 Výsledky

Výpočet obsahu jednoho zbytkového rozpouštědla ve vzorku se vypočítá pomocí vzorce:

$$Q = \frac{a \times p}{e \times S}$$

kde:

- Q množství zbytkových rozpouštědel v mg/m^2 obalového materiálu;
- a plocha odpovídajícího píku tohoto rozpouštědla v chromatogramu;
- p hmotnost téhož rozpouštědla ve standardním roztoku v mg;
- e plocha odpovídajícího píku téhož rozpouštědla ve standardním roztoku;
- S plocha zkušební vzorku v m^2 . [17]

Dalšími metodami pro stanovení zbytkových rozpouštědel plynovou chromatografií za použití:

statistické metody „headspace“; část 1: Absolutní metoda ČSN EN 13628-1 [18]

statistické metody „headspace“; část 2: Průmyslová metoda ČSN EN 13628-2. [19]

2.5 Potisk obalů potravin

Každým rokem přibývá spotřeba potištěných obalů. Výrobci i distributoři potravinářských obalů mají povinnost, aby jejich obaly nikterak nepoškozovaly danou balenou potravinu. Z environmentálního hlediska je kladen velký důraz na nezávadnost tiskové barvy, ale jedná se také o laky a samotné materiály, které mohou potravinu poškodit. [8]

Potravina sice přichází do styku s nepotištěnou stranou obalu, ale to není dostačující ochrana před vlivem působení tiskových barev a laků. Výroba a potisk obalů potravin je úkolem potravinářského, obalového a polygrafického průmyslu. [12]

Protože se musí dbát na neměnicí se aroma a složení potraviny, prosazují se nízkomigrační a nízkozápachové barvy i laky. V případě potisku obalů potravin, nastupují přísnější normy a musí se sledovat celá řada parametrů, jako vhodné technologie, materiál i tisková barva. Ta pokud se má dostat do styku s potravinou musí projít řadou testů. Nejvíce se sleduje migrace cizorodých látek, které mohou přecházet z barvy až k potravíně. A to hlavně je-li barva tisknuta na materiál, který nemá dostatečné bariérové vlastnosti. Tento problém se vyskytuje u primárního obalu (obal, který se dostává do přímého kontaktu

s potravinou), protože musí být potisknut jak z estetického, tak hlavně informačního důvodu.
[9]

Dochází zde tedy k riziku, že se nežádoucí složky tiskové barvy dostanou přes vrstvu obalu až k potravině. V barvách mohou být nejen látky migrující do potravin, ale i látky, které by mohli změnit pach a chuť potraviny. Tyto vlivy se také musí hlídat a eliminovat. Existují i speciální „jedlé“ tiskové barvy, které se aplikují přímo na potraviny, jako jsou vaječné skořápky, různé cukrovinky či farmaceutické výrobky. Výrobci ale musí zaručit nezávadnost těchto barev, a všechny jejich složky musí zcela splňovat předpisy legislativy a příslušných norem. [20]

3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Ovlivnit průběh sušení (zasychání) rozpouštědlové flexotiskové barvy může ovlivnit hned několik faktorů, které je nezbytné si pamatovat. Tím hlavním faktorem je nastavení parametrů sušicího systému tiskového stroje. Sušicí systém se skládá ze dvou částí, z mezibarevníkového sušení a sušicího tunelu. Mezibarevníkové sušení je umístěno za každou tiskovou jednotkou (kromě poslední tiskové jednotky) a má za úkol vytvořit na povrchu nanesené tiskové barvy dostatečně pevnou vrstvu (slupku), aby tato vrstva vydržela nánosy ostatních barev. Pod vrstvou je barva tekutá, v případě porušení této vrstvy dochází k přenosu tiskové barvy na následující tiskové formy, což je nepřijatelné. K celkovému usušení těchto barvových vrstev nemůže při mezibarevníkovém sušení dojít, protože mezi tiskovými jednotkami je velmi málo místa a nelze zde umístit intenzivnější sušicí zařízení. Druhou částí je hlavní sušicí tunel, který je umístěn nad tiskovým strojem v prostoru mezi tiskovým agregátem a odvíjecí jednotkou. Tento, sušicí tunel je dostatečně dlouhý, aby v něm došlo k úplnému zaschnutí všech barvových vrstev na potištěném materiálu. Jak pro mezibarevníkové sušení, tak pro hlavní sušicí tunel lze nastavit různé parametry jejich činnosti. Lze měnit teplotu sušicího vzduchu, rychlost proudění sušicího vzduchu, výměnu vzduchu v sušicím systému a tím i obsah výparů rozpouštědel v sušicím vzduchu. Též lze měnit teplotu centrálního tlakového válce. Zkontaktovali jsme pro realizaci tohoto projektu firmu SOMA Engineering, konkrétně Technologické centrum. Ve firmě SOMA nám vyšli vstříc a připravili pro nás flexotiskový stroj Optima právě s centrálním tlakovým válcem. Tento tiskový stroj patří k menším flexotiskovým strojům, které firma vyrábí. Je však vybaven prakticky všemi regulačními prvky jako stroje velké. [1]

Všechny tyto parametry, které mají nebo mohou mít vliv na průběh sušení barvových vrstev a tím i na množství zbytkových rozpouštědel v obalu, byly testovány na flexotiskovém stroji Optima. [1]

3.1 Použité materiály

Při experimentální části byly použity tyto materiály:

- čirá BOPP fólie o tloušťce 15 mikrometrů, která byla pro potisk upravena korunou

- Lihové barvy FlexiStar MV od firmy Flint Group, barva byla připravena na tiskovou konzistenci 20 s (měřeno pohárkem podle DIN 4). Plošné pokrytí barvou při tisku představovalo cca 200 %, což odpovídá běžné tištěné produkci.
- Etanol s Dovanolem - ředidlo tiskové barvy, v poměru 5:1
- Celoplošné pryžové návleky
- Aniloxové válce - pro vybavení tiskových forem, o objemu jamek $4 \text{ cm}^3/\text{m}^2$

3.2 Postup

Z vytištěné produkce se odebíraly vzorky v množství přibližně 20 vrstev, které se ukládaly do PE uzavíratelných sáčků, aby nedocházelo k úniku (odpařování) zbytkových rozpouštědel. Vzorky byly do 24 hodin převezeny k měření na plynovém chromatografu. Pro měření zbytkových rozpouštědel byl použit plynový chromatograf CLARUS 500. Chromatograf je znázorněn na Obrázku 5. a vyhodnocovacím programem TotalChrom od firmy PerkinElmer. Pro měření se vybíraly potištěné fólie z prostředních vrstev. Výstup měření je ve formě grafu a tabulky.



Obrázek 5 Plynový chromatograf Clarus 500

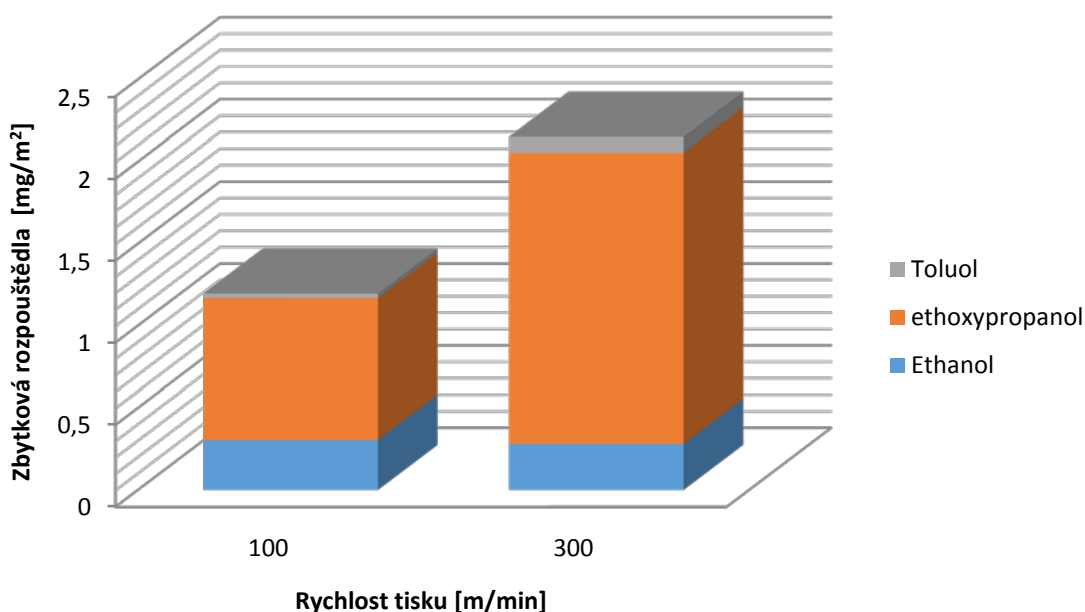
Důležitou podmínkou bylo při této práci nastavit flexotiskový stroj na určité parametry a ty pak jednotlivě měnit a sledovat vývoj hodnot zbytkových rozpouštědel v potištěném materiálu. Po dohodě s techniky byla teplota mezibarevníkového sušení po každé tiskové jednotce nastavena na 50 °C a výkon ventilátorů dodávající a odsávající vzduch na 100 %. Také teplota sušícího tunelu byla nastavena na 50 °C a výkon jeho ventilace na 100 %.

3.2.1 Měření č. 1 – Vliv rychlosti tisku

Pro první měření zbytkových rozpouštědel byla zvolena změna rychlosti tisku. Nejdříve se provedl tisk při rychlosti 100 m/min a při stejném nastavení tiskového stroje při rychlosti 300 m/min.

Tabulka 2 Nastavené parametry sušení při měření č.1

Rychlost tisku (m/min)	100	300
LEL (koncentrace ředidel v sušícím vzduchu) (%)	9/0	9/0
Teplota mezisušení (°C)	50	50
Výkon ventilátoru mezisušení (%)	100	100
Teplota sušícího tunelu (°C)	50	50
Výkon ventilátoru tunelu (%)	100	100
Teplota centrálního tlakového válce (°C)	30	30



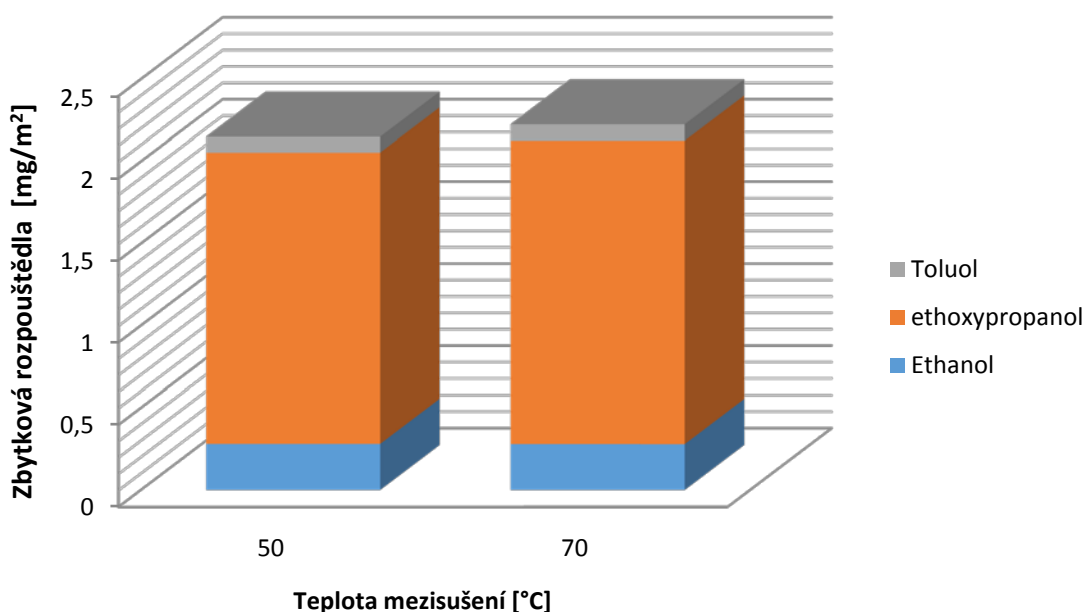
Obrázek 6 Zbytková rozpouštědla na základě měření při různých rychlostech tisku

3.2.2 Měření č.2 – Vliv teploty mezibarevníkového sušení

Dalším měřením, byl vliv na změnu teploty mezibarevníkového sušení. Při stejné rychlosti tisku (300 m/min) bylo nejdříve mezibarevníkové sušení nastaveno na 50 °C a následně na 70 °C. [2]

Tabulka 3 Nastavené parametry sušení při měření č.2

Rychlost tisku (m/min)	300	300
LEL (koncentrace ředidel v sušícím vzduchu) (%)	9/0	9/0
Teplota mezisušení (°C)	50	70
Výkon ventilátoru mezisušení (%)	100	100
Teplota sušícího tunelu (°C)	50	50
Výkon ventilátoru tunelu (%)	100	100
Teplota centrálního tlakového válce (°C)	30	30



Obrázek 7 Vliv teploty na mezibarevníkové sušení

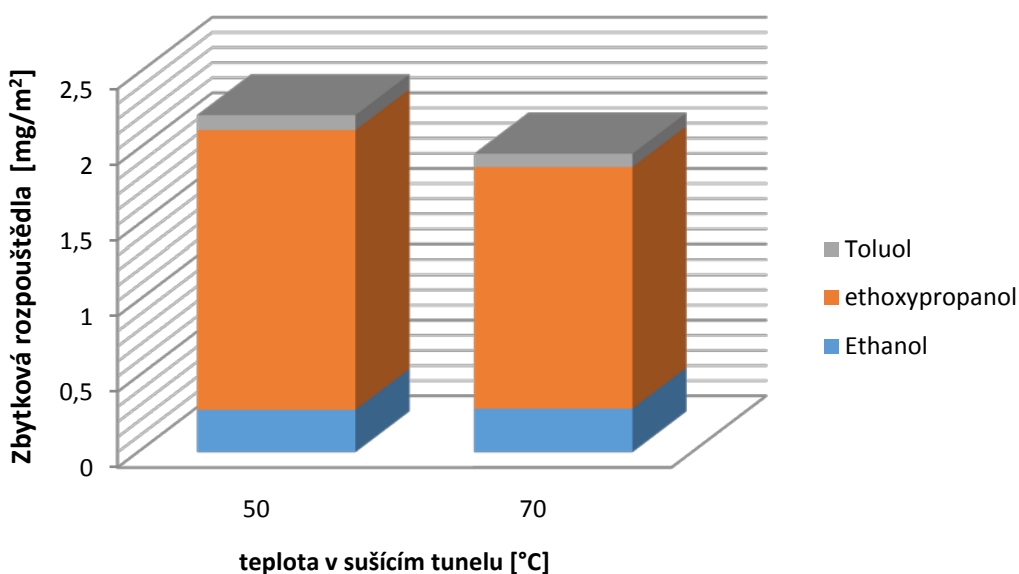
Na obrázku 7 je znázorněn vliv vyšší teploty mezibarevníkového sušení na množství zbytkových rozpouštědel. Se zvýšením teploty mezibarevníkového sušení se obsah zbytkových rozpouštědel zvýšil. Mezibarevníkové sušení vytvoří na povrchu nanesené barvy slupku, pod kterou zůstane barva v tekutém stavu. Jestliže vytvoříme tuto slupku vlivem vyšší teploty mezibarevníkového sušení, je tato slupka silnější, tvrdší a pevnější.

Při následném sušení v sušicím tunelu mohou molekuly rozpouštědla hůře pronikat touto pevnější vrstvou a v barvové vrstvě jich zůstane více. Není to příliš výrazný nárůst, ale v některých mezních situacích nám může i toto pomoci při plnění požadovaných hodnot zbytkových rozpouštědel. [1]

3.2.3 Měření č. 3 – Vliv navýšení teploty v sušicím tunelu

Tabulka 4 Nastavené parametry sušení při měření č.3

Rychlost tisku (m/min)	300	300
LEL (koncentrace ředidel v sušicím vzduchu) (%)	9/0	9/0
Teplota mezisúšení (°C)	70	50
Výkon ventilátoru mezisúšení (%)	100	100
Teplota sušicího tunelu (°C)	50	70
Výkon ventilátoru tunelu (%)	100	100
Teplota centrálního tlakového válce (°C)	30	30



Obrázek 8 Vliv navýšení teploty v sušicím tunelu

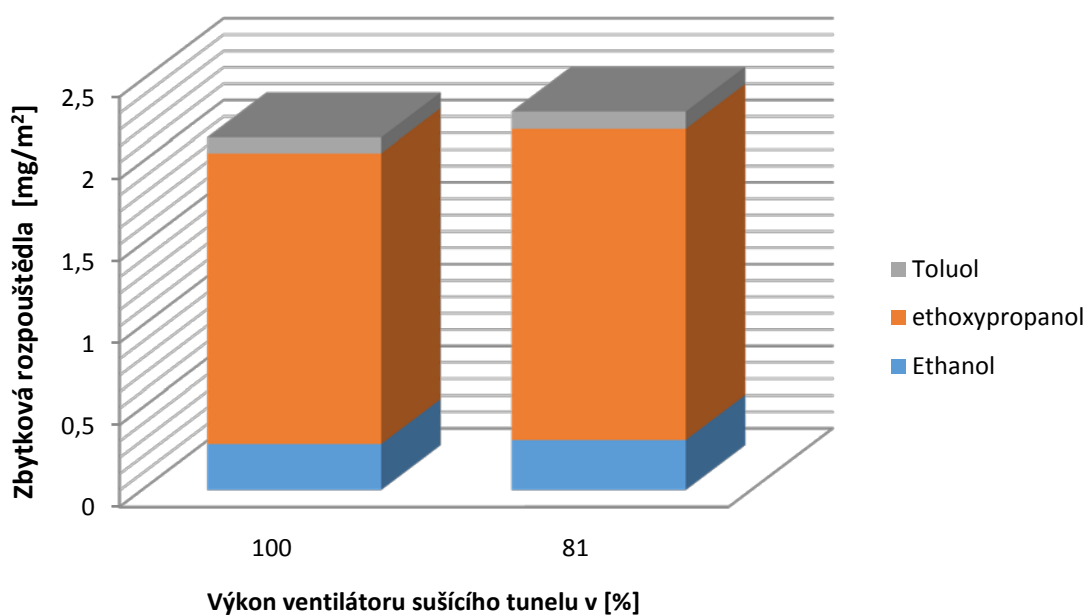
Teplota sušení se změnila z 50 °C na 70 °C. I zde byla rychlost tisku 300 m/min. Z výsledků měření je patrné, že teplota sušení v hlavním sušicím tunelu má na snížení obsahu zbytkových rozpouštědel značný vliv. Jak teplota, tak i délka sušicího tunelu (doba zdržení materiálu v tunelu) je důležitá.

Problém může být však v tom, že především polymerní fólie nemůžeme vystavovat příliš vysoké teplotě, při které ztrácejí rozměrovou stálost a tiskový raport (délka tisku) se mění, což může být pro některé plnicí linky velmi podstatné. [1]

3.2.4 Měření č. 4 – Zmenšení výkonu ventilátoru tunelu

Tabulka 5 Nastavené parametry sušení při měření č.4

Rychlost tisku (m/min)	300	300
LEL (koncentrace ředidel v sušicím vzduchu) (%)	9/0	9/0
Teplota mezisušení (°C)	50	50
Výkon ventilátoru mezisušení (%)	100	100
Teplota sušícího tunelu (°C)	50	50
Výkon ventilátoru tunelu (%)	100	81
Teplota centrálního tlakového válce (°C)	30	30



Obrázek 9 Vliv na snížení výkonu ventilačního systému sušícího tunelu

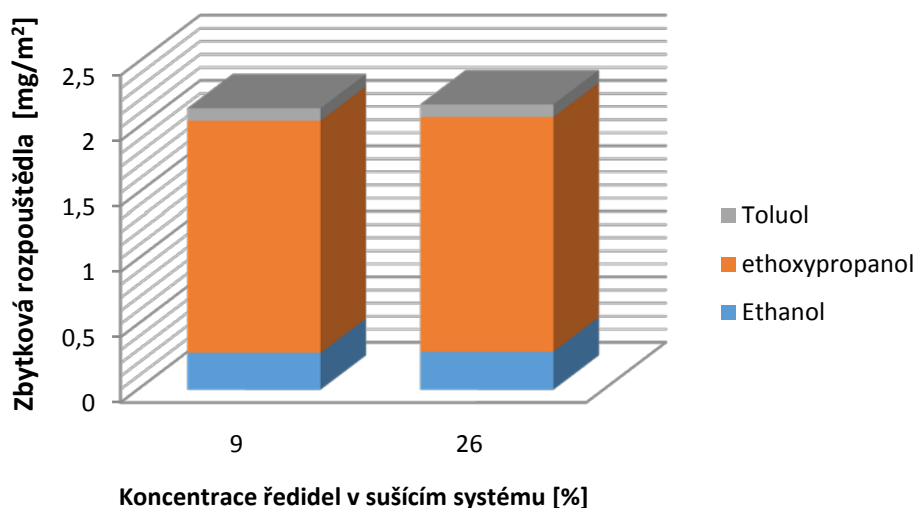
Další změnou podmínek sušení výtiskové barvy bylo zmenšení výkonu ventilačního systému u centrálního sušícího tunelu ze 100 % na 80 %. To znamená, že sušící vzduch měl přibližně o jednu pětinu nižší rychlost při vhnání do sušícího tunelu.

V grafu na závislosti výkonu ventilátoru jsou znázorněny výsledky měření zbytkových rozpouštědel při obou nastaveních. Je patrné, že nižší proudění vzduchu způsobuje nižší odvádění molekul rozpouštědla z tiskové barvy. Vyšší proudění vzduchu rychleji strhává molekuly rozpouštědla z povrchu barvové vrstvy a tím uvolňuje místo pro další molekuly. Také se předpokládalo, že v případě vyšších koncentrací výparů rozpouštědel v sušícím vzduchu dochází k horšímu vysoušení barvové vrstvy a tím i k vyšší hladině zbytkových rozpouštědel. [1]

3.2.5 Měření č. 5. – Vliv na koncentraci ředidel v sušícím systému

Tabulka 6 Nastavené parametry sušení při měření č.5

Rychlost tisku (m/min)	300	300
LEL (koncentrace ředidel v sušícím vzduchu) (%)	9/0	26/0
Teplota mezisušení (°C)	50	50
Výkon ventilátoru mezisušení (%)	100	100
Teplota sušícího tunelu (°C)	50	50
Výkon ventilátoru tunelu (%)	100	100
Teplota centrálního tlakového válce (°C)	30	30



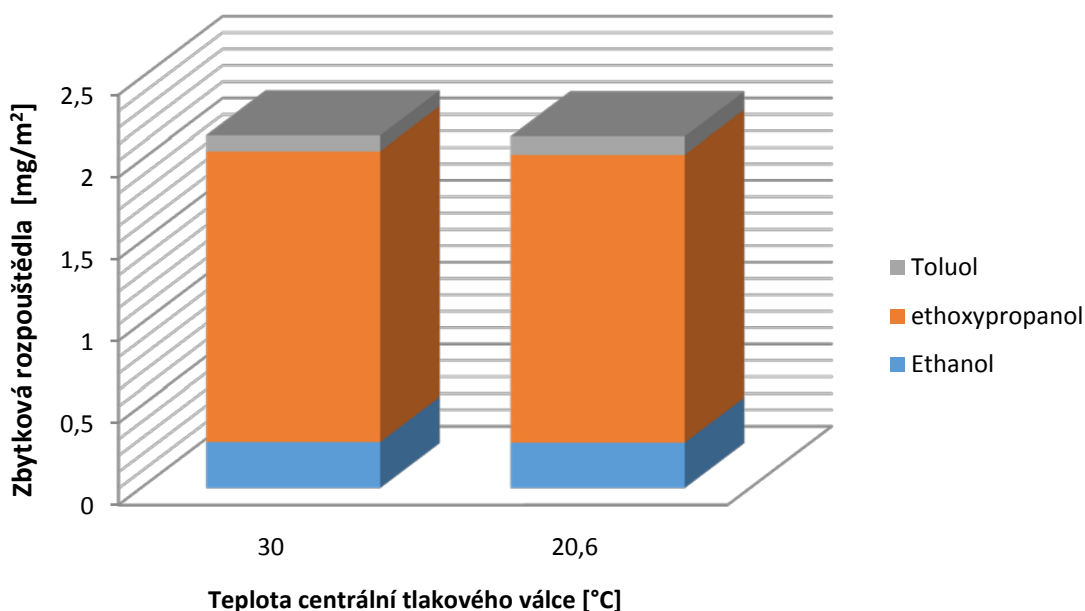
Obrázek 10 Vliv koncentrace ředidel v sušícím vzduchu na úroveň zbytkových rozpouštědel

Při změně nastavení odvětrávacího systému sušení z 9 % na 26 % koncentraci výparů rozpouštědel v sušicím vzduchu dochází pouze k malé změně. Sušící vzduch má možnost pojmout větší obsah výparů rozpouštědel než se běžně na strojích využívá. Ani zde však nelze zvyšovat obsah rozpouštědel v sušicím vzduchu donekonečna. Musí se velmi dbát na to, aby tato koncentrace rozpouštědel nepřesáhla spodní hranici výbušnosti. [1]

3.2.6 Měření č. 6 – vliv na teplotu centrálního tlakového válce

Tabulka 7 Nastavené parametry sušení při měření č.6

Rychlost tisku (m/min)	300	300
LEL (koncentrace ředidel v sušicím vzduchu) (%)	9/0	9/0
Teplota mezisušení (°C)	50	50
Výkon ventilátoru mezisušení (%)	100	100
Teplota sušícího tunelu (°C)	50	50
Výkon ventilátoru tunelu (%)	100	100
Teplota centrálního tlakového válce (°C)	30	20,6



Obrázek 11 Změna teploty centrálního tlakového válce

4. ZÁVĚR

Na základě této bakalářské práce jsme zjistili, jaké skutečnosti a podmínky mají vliv na zbytková rozpouštědla. Velké poděkování patří společnosti Soma engineering, za to, že nám umožnila testování na svém stroji Optima, což tvořilo nedílnou součást vypracování moji bakalářské práce a získání důležitých informací pro vyvození konečných závěrů. Díky následnému měření na plynovém chromatografu v OTK jsme dospěli k zjištění, že na zbytková rozpouštědla má podstatný vliv nastavení parametrů sušicího systému tiskového stroje.

Pomocí testování, které jsme při našem projektu provedli, jsme byli schopni dospět k závěru následujícím závěrům. Pokud zvýšíme rychlost tisku, dojde tím ke zvýšení hladiny zbytkových rozpouštědel v barvě. Na druhé straně se zpomalením tisku účinně sníží obsah zbytkových rozpouštědel, ale z hlediska výrobního nebo ekonomického ho nelze prakticky využít.

Mezibarevníkové sušení vytvoří na povrchu nanesené barvy slupku, pod kterou zůstane barva v tekutém stavu. Jestliže vytvoříme tuto slupku vlivem vyšší teploty mezibarevníkového sušení, je tato slupka silnější, tvrdší a pevnější. Při následném sušení v sušicím tunelu mohou molekuly rozpouštědla hůře pronikat touto pevnější vrstvou a v barvové vrstvě jich zůstane více. Není to příliš výrazný nárůst, ale v některých mezních situacích nám může i toto pomoci při plnění požadovaných hodnot zbytkových rozpouštědel.

Se zvýšením teploty mezibarevníkového sušení se obsah zbytkových rozpouštědel zvýšil. Dalším velmi značným vlivem na zbytková rozpouštědla je navýšení teploty v sušicím systému.

Nižší proudění vzduchu způsobuje nižší odvádění molekul rozpouštědla tiskové barvy. Vyšší proudění vzduchu rychleji strhává molekuly rozpouštědla z povrchu barvové vrstvy a tím uvolňuje místo pro další molekuly.

Menší změnou obsahu zbytkových rozpouštědel má vliv koncentrace ředidel v sušicím vzduchu na úroveň zbytkových rozpouštědel. Snížením teploty centrálního tlakového válce nemá patrný vliv na obsah zbytkových rozpouštědel v barvovém filmu. Dá se předpokládat,

že v tomto případě má mnohem větší vliv na obsah zbytkových rozpouštědel funkce mezibarevníkového sušení.

Ze získaných měření zbytkových rozpouštědel plyne, že nastavení tiskového stroje má vliv na obsah těchto rozpouštědel na obalu. Kromě změny rychlosti však nejsou u ostatních parametrů tisku změny naměřených hodnot zbytkových rozpouštědel příliš výrazné.

Vždy nepatrná část rozpouštědel v obalu zůstane, proto je nutné sledovat, aby podíl rozpouštědel v obalech nepřesáhl určitou hranici. Existuje spousta vyhlášek a zákonů určující pravidla při zacházení s materiály a předměty, které jsou ve styku s potravinami. Nejvíce zákonů a vyhlášek se vztahuje na zacházení a výrobu tiskových barev, laků a potiskovaných materiálů a mycích prostředků. Například: Nařízení Komise (EU) č. 1895/2005 o omezení použití některých epoxyderivátů v materiálech a předmětech určených pro styk s potravinami, Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1935/2004 sloužící v podstatě jako návod k výrobě potravinových obalů. Každý výrobce potravinářských obalů je zodpovědný za to, že jeho výrobek odpovídá určenému standardu a že je zabráněno migraci chemických látek do potravin. EuPia je Evropský svaz výrobců tiskových barev - Klade důraz na obaly potravin a na ochranu spotřebitele. Má spousta členů, které se zavazují dodržováním závazků týkajících se výrobou a dodáním barev pro potravinářské obaly. V České Republice se barierovými vlastnosmi zabývá například Potravinářská fakulta na ČVUT Praha.

SOUPIS POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Vliv sušení na zbytková rozpouštědla při tisku obalů. *PACKAGING*. 1 2016, stránky 28-32.
- [2] **KAPLANOVÁ, Marie**. *Moderní polygrafie*. Praha : Svaz polygrafických podnikatelů, 2009. 978-80-254-4230-2.
- [3] **PESCHEL, Dieter (W+H)**. *Aktuální informace ke stavu flexotiskové technologie*. Lengerich : autor neznámý, 1994. Přednáška. překlad: Ing. Josef Macháň.
- [4] **SVOBODA, Josef**. Technologie flexotisku. [Prezentace].
- [5] **THOMA, Patrik**. Stavba flexotiskového stroje. *Svět tisku*. [Online] 7-8 2005.
http://www.svettisku.cz/buxus/generate_page.php?page_id=1703&buxus_svettisku=ff3b1f1ae8b5f9f1b80a3b8f8b8c46c8.
- [6] **KIDL, Reinhard**. *Potiskování Al fólií*. CFTA. Praha : autor neznámý, 1994. Přednáška .
- [7] **SCHEJBAL, Ing. Martin**. Soma Engineering – stroj Optima.
- [8] Co všechno můžeme chtít od tiskových barev? *PACKAGING*. 2012, 6, stránky 20-22.
- [9] **DOBROVIČOVÁ, Petra**. *Ekologicky přijatelné tiskové barvy pro potisk obalů potravin*. místo neznámé : Univerzita Pardubice, fakulta Chemicko-technologická fakulta, obor Polygrafie, 2013. Bakalářská práce.
- [10] **Ing. HEJDUK, Jiří**. Technologie flexotisku [Prezentace]
- [11] Flexotiskové barvy pro potisk různých materiálů. *SVĚT TISKU*. [Online]
http://www.svettisku.cz/buxus/generate_page.php?page_id=6164.
- [12] **KONEČNÝ, Gustav**. Tisk potravinářských obalů. *Svět tisku*. [Online] 1 2007.
http://www.svettisku.com/buxus/generate_page.php?page_id=3043&buxus_svettisku=c93e5ec8ef288846074de99dbb95bfe1.
- [13] Obaly potravin pod mikroskopem. *Svět periodika*. 2009, 2, stránky 28-29.
- [14] Flexibilní obal, co je to? *Ekobal*. [Online] 18. únor 2014. <http://www.ekobal.cz/onas/aktuality/flexibilni-obal-co-je-to.html>.
- [15] Balení prodlužuje trvanlivost potravin. *PACKAGING*. 2012, 1, stránky 10-12.
- [16] *Informační centrum bezpečnosti potravin*. [Online] <http://www.bezpecnostpotravin.cz>.
- [17] ČSN EN 14479. Praha : Český normalizační institut, 2004.
- [18] ČSN EN 13628-1. Praha : Český normalizační institut, 2003.
- [19] ČSN EN 13628-2. Praha : Český normalizační institut, 2003.
- [20] **THOMA, Patrik**. Nízkomigrační barvy. *Svět tisku*. 2010, 7-8, stránky 42-43.

- [21] **Meyer, K.-H.** Trucknungseinrichtungen. *TECHNIK DES FLEXO DRUCKS*, 1999, stránky 118-124
- [22] Substrate Treatment and Processing. *FLEXOGRAPHY PRINCIPLES A PRACITCES 5th edition, volume 6*, stránky 80-82
- [23] **Shulz, Erwin.** Nachschlagewerk and praktisher Ratgeber. *FLEXODRUCK VON A bis Z.*, stránky 261-264
- [24] **PERNICA, Petr.** Logistika - pasivní prvky. Praha: Vysoká škola ekonomická v Praze, 1995. 144 s. ISBN 80-7079-316-3
- [25] **LUKŠŮ, Vladimír.** Logistika 1. Praha: Vysoká škola ekonomická v Praze, 2001. 269 s. ISBN 80-245-0166-X
- [26] **ŽIŽKOVÁ, Jana.** Flexibilní obaly hyří barvami. Svět balení. Praha: ATOZ STUDIO s.r.o., 2014, 66 s. ISSN 1212-7809

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ČSN Česká státní norma

UV ultra violet (ultrafialové záření)

NC nitrocelulóza

PVB polyvinylbutyl

PEL (přípustný expoziční limit).

PVC polyvinylchlorid

DIN Deutsche Industrie-Norm, jím vydaná německá národní norma

PE polyethylen

OTK Obchodní tiskárny Kolín

EuPia Europäische Verband der Druckfarbenhersteller (Evropský svaz výrobců tiskových barev)

ČVUT České vysoké učení technické v Praze

EU Evropská Unie

ÚDAJE PRO KNIHOVNICKOU DATABÁZI

Název práce	Množství zbytkových rozpouštědel v závislosti na způsobu sušení
Autor práce	Tereza Nedbalová
Obor	Polygrafie 3441R001 (Bakalářská práce)
Rok obhajoby	2016
Vedoucí práce	Ing. Jiří Hejduk, Ph.D.
Anotace	Cílem této práce bylo zjistit, jaké procesy v průběhu tisku mají vliv na podíl zbytkových rozpouštědel ve flexibilních obalech. Především u obalů pro potraviny je velmi důležité, aby po potisku obalů nezůstaly ve vrstvě barev zbytková rozpouštědla ve větším množství. Vždy nepatrná část rozpouštědel v obalu zůstane, proto je nutné sledovat, aby podíl rozpouštědel v obalech nepřesáhl určitou hranici. Experimentální část se zaměřuje na množství zbytkových rozpouštědel při různém nastavení tiskového stroje a při různém způsobu sušení. Tiskové testy byly tištěny ve spolupráci se společností Soma spol. s r.o. na jejich flexotiskovém stroji Optima pro potisk flexibilních obalů, který má koncept sušení založen na principu mezibarevníkového sušení a sušícího tunelu. Vzorky se následně změřily chromatografem výrobce značky Perkin Elmer.
Klíčová slova	Zbytková rozpouštědla, flexibilní obaly, flexotisk