

## MODEL MATEMATIC AL VOPSIRII LÂNII LA TEMPERATURĂ REDUSĂ DUPĂ PRETRATARE CU CARBONAT DE SODIU

*A. Bertea, R. Butnaru, A. P. Bertea*  
*Universitatea Tehnică, Iași, Romania*

### INTRODUCERE

În ultimii ani costul energiei a făcut ca preocupările pentru reducerea consumurilor energetice aferente proceselor de finisarea a materialelor textile să devină tot mai numeroase.

În categoria proceselor ce permit o importantă reducere a consumurilor de energie, alături de alte avantaje, se numără finisarea la temperaturi inferioare temperaturii de fierbere.

Finisarea lânii reprezintă un caz aparte, deoarece tehnologiile ce reclamă temperaturi ridicate au un dezavantaj suplimentar, reprezentat de afectarea substratului fibros, a cărui rezistență scade semnificativ în aceste condiții [1,2].

La vopsirea lânii, principala problemă în cazul vopsirii la temperaturi inferioare celei de fierbere este legată de scăderea vitezei de vopsire, problemă a cărei rezolvare poate fi obținută prin activarea lânii printr-un tratament preliminar.

Un astfel de tratament preliminar vopsirii este cel cu substanțe alcaline. În cazul alcaliilor tari beneficiile reducerii temperaturii procesului de vopsire sunt substanțial diminuate de serioase pierderi de rezistență, motiv pentru care lucrarea de față analizează posibilitatea realizării unui compromis, care să ofere atât vopsiri corespunzătoare la temperatură scăzută, cât și afectarea limitată a fibrei. Un astfel de deziderat poate fi atins la utilizarea unui agent alcalin mai puțin energetic, așa cum este carbonatul de sodiu, care este analizat în continuare, cu utilizarea suplimentară a unei substanțe cu rol de protecție a fibrei, cum este glucoza.

### 1. EXPERIMENTE

Pe baza datelor obținute anterior [1] s-a stabilit că intervalul optim de concentrație pentru carbonat de sodiu este cuprins între 10 și 40 g/l, iar pentru glucoză este situată între 5 și 20 g/l. Pentru stabilirea exactă a concentrațiilor care să permită obținerea unor vopsiri cât mai bune, atât sub raportul performanțelor tinctoriale, dar și a celor legate de menajarea suportului textil, s-a urmărit modelarea procesului de vopsire la temperatură scăzută realizat după o prealabilă tratare cu carbonat

de sodiu și glucoză.

S-au tratat pale de lână, degresate în prealabil, cu soluții de carbonat de sodiu și glucoză. Tratarea s-a efectuat la temperatura camerei, timp de 30 de minute, la un raport de flotă de 1:30. În continuare probele s-au vopsit cu Acid Violet 7, după care s-a determinat epuizarea procentuală și rezistența la rupere.

Pentru programarea experimentelor s-a utilizat un program factorial compus centrat rotabil de două variabile, la cinci nivele de variație.

Drept variabile independente s-au ales concentrația de carbonat de sodiu și concentrația de glucoză în baia de pretratare, codificarea acestor două variabile fiind prezentată în tabelul nr.1.

**Tabel. 1.** Codificarea valorilor variabilelor independente.

Cod	-1,414	-1	0	1	1,414
Concentrație carbonat de sodiu, g/l	10	14,4	25	35,6	40
Concentrație glucoză, g/l	0	2,9	10	17,1	20

Drept variabilă dependentă s-a ales o mărime care să reflecte cele două aspecte care sunt hotărâtoare în desfășurarea procesului, respectiv caracteristicile tinctoriale și cele legate de integritatea suportului textil. Pentru aceasta s-a definit un indice de calitate C dat de relația:

$$C = P_e + P_r \quad (1)$$

unde:  $P_e$  = fracția procentuală din epuizarea ce caracterizează procedeul clasic de vopsire realizată în urma pretratării și vopsirii la 80°C;

$P_r$  = fracția procentuală din rezistența la rupere ce caracterizează fibra netratată realizată în urma pretratării.

### 2. REZULTATE ȘI DISCUȚII

După efectuarea experimentelor, s-a testat măsura în care variabilele alese drept variabile independente au o influență semnificativă asupra variabilei dependente alese. Pentru aceasta s-a utilizat testului F, care permite să se stabilească

dacă două dispersii de selecție care estimează aceeași dispersie generală a unei colectivități sunt distincte statistic, respectiv corespund unei aceleași populații.

Valoarea obținută s-a comparat cu valoarea tabelată pentru  $F(P, v_1, v_2)$ , unde  $P$  este probabilitatea, iar  $v_1$ , și  $v_2$  reprezintă numărul de grade de libertate, egale cu:  $v_1 = n-1$ ;  $v_2 = k-1$ . Dacă  $F_{\text{calculat}} > F_{\text{tabelat}}$ , cele două dispersii diferă semnificativ, nefăcând parte din aceeași populație.

Pentru datele experimentale s-a determinat  $F_c = 374,89$ , față de valoarea tabelată  $F_{\text{tab}}(99, 12, 4) = 14,45$ . Se poate concluziona că abaterea datelor experimentale de la valoarea medie este determinată de influența variabilelor independente și nu este rezultatul unor erori experimentale, în continuare trecându-se la calculul funcției scop.

Calculul funcției scop conduce la următoarea relație:

$$Y = 189,24 + 6,32 \cdot x_1 + 5,72 \cdot x_2 - 5,88 \cdot x_1^2 - 2,88 \cdot x_2^2 + 2,5 \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (2)$$

Calitatea regresiei a fost apreciată folosind coeficientul de corelație multiplă. Acesta este un indicator care permite evaluarea corelației dintre variabila dependentă și variabilele independente în ansamblu. Coeficientul de corelație poate varia între  $-1$  și  $+1$ . Cu cât acest coeficient este mai apropiat de  $-1$  sau  $+1$ , cu atât corelația între variabila dependentă și variabilele independente este mai intensă. În cazul unui coeficient de corelație nul, această corelație nu există. În cazul prezentului experiment, valoarea obținută pentru coeficientul de corelație multiplă este  $R_{x_1, x_2} = 0,913$ , ceea ce indică influența mare a variabilelor independente asupra variabilei independente.

Pentru verificarea semnificației coeficientului de corelație multiplă s-a utilizat testul Fisher, obținându-se pentru  $F$  valoarea  $127,552$ , mai mare decât valoarea tabelată  $F_{\text{tab}}(\alpha, f_1, f_2)$ , putându-se trage concluzia că variabilele independente au influență semnificativă asupra variabilei independente.

Pentru testarea coeficienților ecuației, s-a utilizat testul  $t$ , ce compară media unei variabile aleatoare cu abaterea standard. S-a calculat testul Student în cazul fiecăruia dintre termeni, valoarea obținută fiind comparată în continuare cu valoarea tabelată pentru testul Student, care este de  $2,132$ , corespunzătoare unui nivel de semnificație  $\alpha = 0,95$  și un număr de grade de libertate  $v = k - 1 = 4$ .

În cazul tuturor celor șase coeficienți analizați valoarea calculată este superioară valorii tabelate a testului Student, ceea ce indică faptul că toți termenii au o influență efectivă asupra mărimii variabilei dependente  $Y$ .

Dependența determinată prezintă un punct staționar, care este un punct de maxim. Coordonatele acestui punct (valori codificate) sunt  $x_1 = 0,824$   $x_2 = 1,348$ . Acestor coordonate codificate le corespund următoarele valori ale parametrilor de tratare: concentrația de carbonat de sodiu de  $32,348$  g/l și concentrația de glucoză  $18,014$  g/l. Acestuia punct îi corespunde o valoare a funcției scop  $Y = 194,993$ .

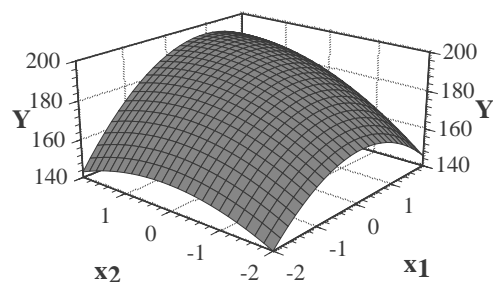
Pentru verificarea adecvănței modelului matematic obținut s-a determinat abaterea  $A$  a valorilor calculate conform modelului față de valoarea experimentală, ce trebuie să se încadreze în limita  $\pm 10\%$ . Abaterea  $A$  se calculează cu relația:

$$A = \left| \frac{Y_{m_i} - Y}{Y_{m_i}} \right| \cdot 100 \quad (1)$$

S-a obținut pentru abaterea  $A$  o valoare medie de sub  $2\%$ , putându-se trage concluzia că adecvănța modelului matematic este foarte bună. Adecvănța modelului s-a verificat și folosind testului Fisher. Modelul se consideră adecvat dacă valoarea calculată a criteriului Fisher este mai mare decât valoarea tabelată  $F_{\text{tab}}(v_1, v_2, \alpha)$ , unde  $v_1 = v_2 = n-1$ . S-a obținut  $F_c = 12,512$ , care este mai mare decât  $F_{\text{tabelat}} = F(12, 12, 99) = 4,16$ . Se poate constata că toate criteriile de evaluare utilizate confirmă adecvănței modelului.

În continuare s-au determinat punctele staționare existente, prin anularea derivatelor de ordinul I, reprezentându-se grafic variația funcției scop. Din analiza expresiei funcției scop obținute se constată că atât concentrația de carbonat de sodiu, cât și concentrația de glucoză, au o influență importantă asupra variației indicelui de calitate utilizat, așa cum o atestă coeficienții mari ai termenilor  $x_1$  și  $x_2$ . În cazul ambelor variabile independente, creșterea acestora duce la creșterea valorii variabilei dependente (fapt atestat de coeficienții pozitivi ai termenilor de gradul I), dar aceasta până la o anumită valoare (ambii termeni de gradul al doilea sunt negativi).

Din fig. 1 se poate constata prezența unei



**Figura 1.** Variația variabilei dependente în funcție de concentrația de carbonat și de glucoză.

valori de maxim, remarcându-se rolul important pe care îl are concentrația de glucoză în obținerea unei valori ridicate a indicelui de calitate.

În fig. 2 sunt prezentate reprezentările grafice ale dependențelor  $Y = f(x_1)$  și  $Y = f(x_2)$ , trasate în situația în care a doua variabilă independentă este constantă și egală cu valoarea codificată 0. Ambele dependențe prezintă un punct de extrem, care este un punct de maxim. În cazul concentrației de carbonat de sodiu, acesta este situat la valoarea codificată 0,35, careia îi corespunde valoarea reală de 28,121 g/l, în timp ce în cazul concentrației de glucoză maximumul intervine la o valoarea codificată de 0,85, valoarea reală fiind de 14,754 g/l.

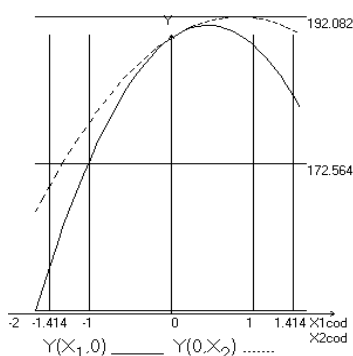


Figura 2.  $Y = f(x_1)$  și  $Y = f(x_2)$

Figura 3 se prezintă modul în care variază indicele de calitate în funcție de concentrația de glucoză în condițiile menținerii constante a celei de-a doua variabile independente.

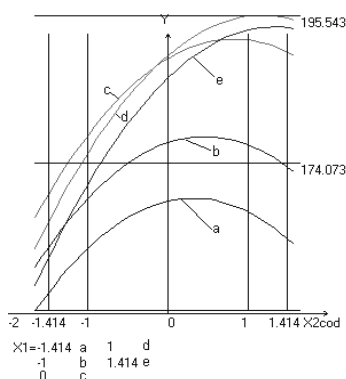


Figura 3. Variația indicelui de calitate în funcție de concentrația de glucoză

Se observă că la valori ale concentrației de carbonat de sodiu superioare valorii codificate 1 (respectiv mai mari decât 35 g/l) se înregistrează scăderea indicelui de calitate, urmare a faptului că pierderile de rezistență nu sunt compensate de creșterile în ceea ce privește epuizarea colorantului obținută în condițiile vopsirii la 80°C.

Pentru determinarea exactă a coordonatelor acestui punct de extrem, s-au trasat curbele de

contur, corespunzătoare unor valori constante ale indicelui de calitate cuprinse între 196 ( $Y_1$ ) și 192 ( $Y_5$ ), care sunt prezentate în figura 4.

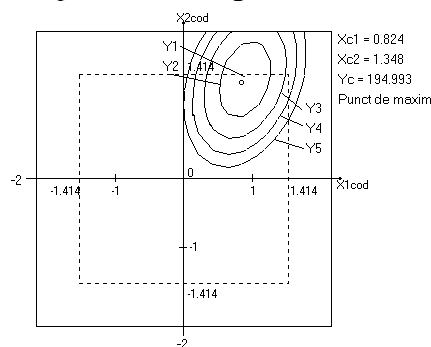


Figura 4. Curbe de contur

Se constată că dependența  $Y = f(x_1, x_2)$  prezintă un punct de maxim de coordonate (valori codificate)  $x_1 = 0,824$  și  $x_2 = 1,348$  coordonatele reale fiind 32,34 g/l pentru concentrația de carbonat de sodiu și 18,01 g/l pentru concentrația de glucoză. Valoarea indicelui de calitate înregistrată în acest punct este de 194,993, foarte apropiată de valoarea maximă (care este 200).

### 3. CONCLUZII

Modelarea matematică a procesului de pretratare a lânii cu carbonat de sodiu în prezență de glucoză în vederea realizării vopsirii la temperatura de 80°C a evidențiat faptul că indicii calitativi nu cresc continuu cu creșterea valorilor celor doi parametri studiați, dependența prezentând puncte de maxim.

S-a constatat că la valori ale concentrației de carbonat de sodiu mai mari decât 35,6 g/l se înregistrează scăderea indicelui de calitate, deoarece realizarea de creșteri în ceea ce privește epuizarea colorantului nu compensează pierderile de rezistență.

Vopsiri care să prezinte caracteristici optime atât din punctul de vedere al desfășurării procesului tinctorial, cât și al menajării suportului fibros, se înregistrează în condițiile în care concentrația de carbonat cu care se realizează pretratarea este de 32,5 g/l, iar concentrația de glucoză este de 18 g/l.

### Bibliografie

1. Berteș A., Butnaru R. *Revista Română de Textile*, 1-2, 1999, p. 59 – 62.
2. Butnaru R., Berteș A. *Tehnologie chimică textilă, Rotaprint UTI, Iași*, 1998.

Recomandat spre publicare: 02.05.2006.