

## PARTICULARITĂȚILE PROCESULUI DE EXTRACȚIE A PIGMENȚILOR DIN PETALE DE ȘOFRĂNEL (*Carthamus tinctorius* L.)

Alexandra SAVCENCO

Departamentul Tehnologia Produselor Alimentare, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Autorul corespondent: Alexandra Savcenco, e-mail: [alexandra.savcenco@tpa.utm.md](mailto:alexandra.savcenco@tpa.utm.md)

Îndrumători/coordonatori științifici: Pavel TATAROV, dr. hab., prof. univ., Departamentul Tehnologia Produselor Alimentare, UTM; Alexei BAERLE, dr., conf. univ., Departamentul Oenologie și Chimie, UTM

**Rezumat.** Există o strategie a Uniunii Europene de a trece la utilizarea exclusivă în industria alimentară a coloranților naturali. Este constatat, că utilizarea unor coloranți sintetici, așa ca, tartrazina are un efect negativ asupra sănătății copiilor. Allura Red este considerat cancerogen. Rezolvarea problemei utilizării coloranților sintetici în produsele alimentare poate fi soluționată prin înlocuirea coloranților sintetici cu cei naturali. O plantă de perspectivă pentru obținerea a doi coloranți naturali (galben și roșu) reprezintă șofrănelul (*Carthamus tinctorius* L.). În acest studiu, a fost verificat și confirmat, că mecanismul procesului de difuzie a pigmenților din petale de șofrănel corespunde primii lege lui Fick. A fost demonstrat, că corelația dintre randamentul pigmenților, obținuți experimental și calculați cu ajutorul ecuației lui Fick, corelează atunci, când valorile coeficientului de difuzie  $D$  și coeficientului de transfer  $\beta$  sunt aproape egale.

**Cuvinte cheie:** coloranți, pigmenți, petale de șofrănel, difuziune, legea lui Fick

### Introducere

În baza deciziei UE privind trecerea la utilizarea exclusivă a coloranților naturali, există necesitatea selectării și identificării materii prime vegetale, în calitate de surse noi pentru obținerea coloranților naturali. O sursă de perspectivă, pentru obținerea a doi coloranți naturali galben și roșu reprezintă plantă șofrănel (*Carthamus tinctorius* L.) din familia *Asteraceae*, cultivat cu succes în Republica Moldova [1]. Petalele plantei șofrănel sunt bogate în pigmenți de natură *chalconică*, potențial coloranți naturali alimentari [2-4]. În petalele inflorescențelor de șofrănel se găsesc un amestec de pigmenți din clasa flavanoidelor, cu un conținut de pigment roșu - *cartamina* până la 5,0% și pigmenți de culoare galbenă până la 25,0% din masa totală a petalelor.

Pigmentul de culoare roșie – *cartamina*, este compus din două fragmente cu structura *chalconică* și reprezintă un cromofor cu valoarea maximului de absorbție 520 nm [5]. Conform datelor experimentale, petalele de șofrănel conțin și alți coloranți *chalconici*, de culoare galbenă, cinci din ei au fost identificați de noi [6]. Pe Fig. 1(a) și Fig. 1(b) sunt prezentate structurile moleculelor de pigment de culoare galbenă – precartamina (unul din cinci identificați) și moleculei de pigment de culoare roșie – cartamina.

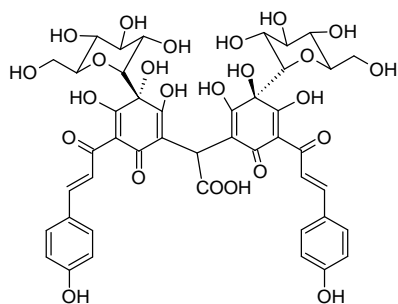


Figura 1(a). Structura moleculei chimice a precartaminei

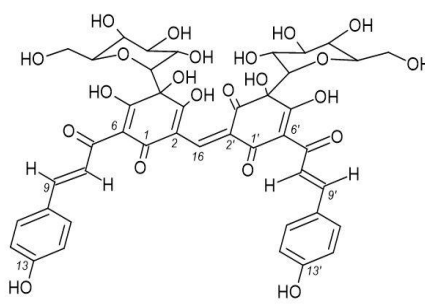


Figura 1(b). Structura moleculei chimice a cartaminei

Pentru elaborarea tehnologiei de obținere a coloranților, prealabil a fost necesar de analizat procesul de extracție a pigmentilor din petale de șofrănel și de determinat randamentului lor. Scopul cercetărilor teoretice și experimentale a fost destinat aprecierii mecanismului procesului de extracție a pigmentilor în dependență de caracteristicile fizico-chimice a petalelor.

### Materiale și metode

Pentru cercetările experimentale, în urma cărora au fost obținuți doi coloranți separați (galben și roșu) [7,8], s-au utilizat petalele plantei șofrănel deshidratate cu umiditatea medie de  $5 \pm 1\%$ . Procesului de extracție de tip *solid – lichid*, s-a realizat în mediu apos cu valoarea pH-ului 7,5 - 8,5 și raportul dintre petale : apa - 1:2, 1:10. Durata unui ciclu procesul de extracție a pigmentilor a constituit  $15 \pm 1$  minute, prin agitare continuă la temperatura  $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ . Procesul de obținere a pigmentilor din petale, s-a realizat prin patru cicluri consecutive de extracție. După patru cicluri de extracție petalele au devenit complet decolorate. Randamentul pigmentilor a atins nivelul de 85 - 90%.

În urma cercetărilor efectuate, s-a constatat, că pigmentii în petale se conțin sub formă de amestec de microgranule deshidratate, repartizate neuniform în structura petalelor. Microgranulele sunt legate fizico-chimic cu fragmente macromoleculare ale celulozei. Pentru desfacerea legăturilor *granula de pigment-celuloza* și desfacerea legăturilor intermoleculare *pigment-pigment*, petalele au fost hidratate. În urma îmbibării apei s-a inițiat procesul de solubilitate a granulelor de pigmenti. Prin urmare, moleculele pigmentilor au trecut în stare dizolvată cu capacitatea de mobilitate în structura apoasă a petalelor. Aceste transformări fizico-chimice ale granulelor de pigmenti au devenit favorabile pentru inițierea procesului de extracție a pigmentilor din petale.

### Rezultate și discuții

În urma rezultatelor cercetărilor experimentale preliminare a fost formulată problema științifică, care constă în stabilirea mecanismului procesului de difuziune a pigmentilor din petalele hidratate, care se petrece în două faze consecutive: migrarea pigmentilor din centrul petalelor pe suprafață și difuziunea pigmentilor în mediu exterior, în faza lichidă.

S-a propus, că mecanismul procesului de difuziune a pigmentilor din petale corespunde *primei lege lui Fick* [9]. Pentru analiză procesului de difuzie, modelul structurii petalelor s-a prezentat ca un corp geometric sub formă de *placă subțire*, Fig. 2.

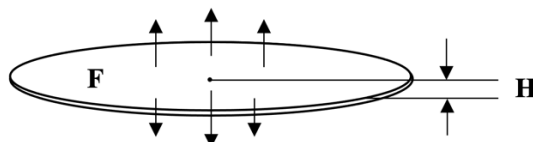


Figura 2. Prezentarea petalelor de șofrănel sub formă de placă, coeficientul de formă  $E_f=1,0$

Conform ecuației *primei legi a lui Fick*, procesul de difuzie sub formă diferențială a pigmentilor de pe suprafață petalelor hidratate în mediu lichid se prezintă astfel:

$$dm = -D \frac{dc}{dF} m d\tau \quad (1)$$

unde:  $dm$  – este masa pigmentilor extrase, g;  
 $D$  – coeficientul de difuziune a pigmentilor,  $\text{m}^2 \cdot \text{sec}^{-1}$ ;  
 $dc/dF$  – gradient concentrației pigmentilor pe suprafața petalelor,  $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$  ;  
 $m$  – masa petalelor, g;  
 $d\tau$  – timp, min.

Bilanțul de masă de pigmenti,  $dm$ , care se transferă din centru pe suprafața petalelor:

$$dm = \beta m c F d\tau \quad (2)$$

unde:  $\beta$  – este coeficientul de transfer a moleculelor de pigmenți din centru pe suprafața petalelor,  $m \cdot sec^{-1}$ ;

$c$  – concentrația pigmenților în petale, g;

$F$  – suprafața petalelor,  $m^2$ .

Masa pigmenților,  $dm$ , din Ec. (1) și Ec. (2) sunt egale. Ecuația diferențială a modificării concentrației pigmenților,  $c$ , în procesul de difuziune, capătă următorul aspect:

$$\frac{dc}{dF} = -\frac{\beta}{D} c F \quad (3)$$

După integrarea Ec. (3) obținem:

$$C = C_0 \exp(-0.5kF^2) \quad (4)$$

unde:  $C$  – concentrația pigmenților extrași din petale, g;

$C_0$  – concentrația inițială a pigmenților în petale, g;

$k = \beta/D$  – constanta integrală de extracție a pigmenților din petale,  $m^{-1}$ ;

$F$  – suprafața totală a petalelor,  $m^2$ .

Coeficientul de transfer a pigmenților,  $\beta$ , și coeficientul de difuzie a pigmenților,  $D$ , sunt valori constante, respectiv,  $\beta/D = \text{const}$ . În continuare, raportul constantelor  $\beta$  și  $D$  a fost exprimat prin litera  $k$ . Prin urmare:  $\beta/D = k$ ,  $k$  - este constanta integrală de extracție a pigmenților din petale.

Mecanismul de extracție a pigmenților include deplasarea moleculelor pigmenților din centru petalelor pe suprafață, exprimată prin coeficientul de transfer a pigmenților  $\beta$  și difuzia pigmenților de pe suprafața petalelor în mediu exterior, caracterizată cu coeficientul de difuzie  $D$ .

Randamentul pigmenților determinat experimental după patru cicluri de extracție constituie 85% din concentrația inițială a pigmenților în petale. Existența corelației dintre randamentul pigmenților din petale, determinat experimental cu randamentul pigmenților calculat, s-a verificat în funcție de raportul coeficienților  $D$  și  $\beta$  [10]. S-au verificat trei posibile relații dintre raportul coeficienților  $D$  și  $\beta$  în Ec. (4), care influențează asupra randamentului pigmenților: a)  $k = D > \beta$ ; b)  $k = D < \beta$ ; c)  $k = D / \beta$ . Rezultatele sunt prezentate în Tab.1.

Tabelul 1

**Aprecierea corelației dintre randamentul pigmenților determinat experimental și calculat cu ajutorul ecuației (4) în dependență de raportul coeficienților  $D$  și  $\beta$**

Nr.	Raportul coeficienților $D/\beta$	Numărul ciclurilor de extracție	Randamentul pigmenților, g	Randamentul pigmenților, %	Corelația randamentului pigmenților teoretic și experimental
1.	$D > \beta = 3,0$	4	7,0	63,0	Corelația lipsește
2.	$D < \beta = 0,33$	2	10,7	97,0	Corelația lipsește
3.	$D / \beta = 1,0$	4	11,0	85,0	Rezultatele corelează

### Concluzii

1. S-a demonstrat că mecanismul procesului de difuziune a pigmenților din petale corespunde modelului exponențial, și se desfășoară în conformitate cu *prima lege lui Fick*.

2. Conform Ec. (4), care prezintă relația funcțională a randamentului pigmenților în procesul de extracție din petale în funcție de concentrația inițială a pigmenților, coeficientului de extracție și suprafața totală a petalelor, există corelația dintre randamentele pigmenților: cel determinat experimental și cel calculat cu ajutorul acestei relații.

3. Procesul de extracție a pigmentilor din petale se petrece în condiții, în care raportul coeficienților practic este egal cu 1,  $D \approx \beta$ , Ec. (4) poate fi utilizată pentru analiza procesului de difuziune a pigmentilor din diferite flori, care reprezintă corpuri geometrice sub *formă de placă*.

**Mulțumiri.** Studiul a fost efectuat în cadrul proiectului: 20.80009.5107.09 - „Ameliorarea calității și siguranței alimentelor prin biotehnologie și inginerie alimentară”.

#### Referințe

1. IVANOVA, R. Theoretical and practical aspects of the introduction of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in the Republic of Moldova. In: *Oltenia. Studii și comunicări. Științele naturii – 2016, Oltenia*. Oltenia: Museum of Oltenia Craiova, 2016, pp. 48-51.
2. MACHEVAD, G., JADHAB, B., LANDANDE, A., WADKAR, P. Extraction of safflower yellow pigment (carthimidin) and its fortification in Pedha. In: *Food Science*, 2013, 4 (1), pp. 46-48.
3. GHORBANI, E., HASANI KELESHTERI, R., SHAHBAZI, M., MORADI, F., SADRI, M. Optimization of extraction yield of carthamine and safflower yellow pigments from safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under different treatments and solvent systems. In: *Journal of Pharmacognosy*, 2015, 2 (1), pp. 17-23.
4. EKIN, Z. Resurgence of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) utilization: a global view. In: *Journal of Agronomy*, 2005, 4 (2), pp. 83-87. <https://doi.org/10.3923/ja.2005.83.87>
5. JUN-BUM, K., YOUNG-SOOK, P. Stability of carthamin from *Carthamus tinctorius* in aqueous solution: pH and temperature effects. In: *Archives of Pharmacal Research*, 1997, 20 (6), pp. 643-646.
6. SAVCENCO, A. Spectral and chromatographic characterisation of the yellow food dye from safflower. In: *Journal Engineering Science*, 2022, 29 (3), pp. 189-195. [https://doi.org/10.52326/jes.utm.2022.29\(3\).16](https://doi.org/10.52326/jes.utm.2022.29(3).16)
7. TECHNICAL UNIVERSITY OF MOLDOVA, MD. Process for producing dyes from Safflower petals. Patent no. 1453. Inventors: Alexandra SAVCENCO, Alexei BAERLE, Pavel TATAROV, Raisa IVANOVA. Int. Cl: C09B 61/00. Publ.: BOPI, 2020-08-31.
8. TECHNICAL UNIVERSITY OF MOLDOVA, MD. Procedeu de obținere a colorantului roșu în formă de pulbere din petale de sofrănel. Patent no. 1625. Inventors: Alexandra SAVCENCO, Alexei BAERLE, Pavel TATAROV, Raisa IVANOVA. Int. Cl. C09B 61/00. Publ.: BOPI, 2022-03-31.
9. BAISAN, I. Operațiuni și tehnologii în industria alimentară. Curs pentru studenții specializării mașini și instalații pentru agricultură și industria alimentară. România, 2015.
10. TATAROV, P. Principii conceptuale ale calității alimentelor și capabilității proceselor tehnologice. Chișinău: “Tehnica - UTM”, 2019.