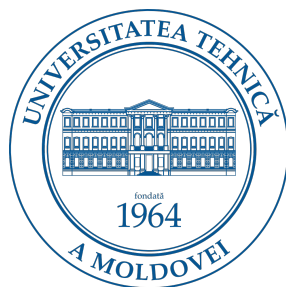


UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI



Cu titlu de manuscris

C.Z.U.: 667.275.5:633.863.2:664

SAVCENCO ALEXANDRA

**OBTINEREA ȘI UTILIZAREA COLORANȚILOR NATURALI
DIN PETALE DE ȘOFRĂNEL (*Carthamus tinctorius* L.) ÎN
TEHNOLOGIA PRODUSELOR ALIMENTARE**

**253. 06. TEHNOLOGII BIOLOGICE ȘI CHIMICE ÎN INDUSTRIA
ALIMENTARĂ**

Rezumatul tezei de doctor în științe inginerești

CHIȘINĂU, 2024

Teza a fost elaborată în cadrul Școlii Doctorale, Departamentului Tehnologia Produselor Alimentare, Universitatea Tehnică a Moldovei.

Componența Comisiei de susținere publică a tezei de doctor:

1. BALAN Valerian, doctor habilitat în științe agricole, profesor universitar, Universitatea Tehnică a Moldovei – președinte
2. BULGARU Viorica, doctor în științe tehnice, conferențiar universitar, Universitatea Tehnică a Moldovei – secretar științific
3. TATAROV Pavel, doctor habilitat în științe tehnice, profesor universitar, Universitatea Tehnică a Moldovei – membru
4. CECLU Liliana, doctor în științe tehnice, conferențiar universitar, Universitatea de Stat "Bogdan Petriceicu Hasdeu" din Cahul – membru
5. SMEREA Svetlana, doctor în științe biologice, conferențiar cercetător, Institutului de Genetica, Fiziologie și Protecție a Plantelor, Universitatea de Stat din Moldova – referent oficial
6. ARÎCU Aculina, doctor habilitat în științe chimice, conferențiar cercetător, Institutul de Chimie – referent oficial
7. SCUTARU Iurie, doctor în chimie fizică, conferențiar universitar, Universitatea Tehnică a Moldovei – referent oficial

Susținerea va avea loc la 14.06.2024, ora 14⁰⁰, în ședința Comisiei de susținere publică a tezei de doctor, la Universitatea Tehnică a Moldovei pe adresa: str. Studenților 9/9, blocul de studii nr. 5, aud. 120, MD-2045, Chișinău, Republica Moldova.

Teza de doctor și rezumatul pot fi consultate la biblioteca Universității Tehnice a Moldovei și pe pagina web a ANACEC (www.anacec.md).

Rezumatul a fost expedit la _____

Secretar Științific al Comisiei de doctorat,

BULGARU Viorica, doctor, conferențiar universitar

Conducători științifici:

TATAROV Pavel, doctor habilitat, profesor universitar

BAERLE Alexei, doctor, conferențiar universitar

Autor: SAVCENCO Alexandra

© Savcenco Alexandra, 2024

CUPRINS

INTRODUCERE	4
CONȚINUTUL TEZEI	6
1. OBȚINEREA ȘI UTILIZAREA COLORANȚILOR NATURALI ÎN COMPOZIȚII ALIMENTARE	6
2. MATERIALE ȘI METODE DE CERCETARE	7
3. PROPRIETĂȚILE FIZICO-CHIMICE ALE COLORANȚILOR DIN PETALE DE ȘOFRĂNEL	8
3.1. Biosinteza calconelor în materia primă	8
3.2. Influența pH-lui asupra spectrelor și culorii calconelor în soluții	9
3.3. Instabilitatea cartaminei în soluții	10
3.4. Particularitățile profilului RGB ale soluției de cartamina și a CCC umed	10
3.5. Mecanismul de stabilizare a cartaminei în faza celulozei	11
3.6. Influența temperaturii asupra colorantului galben și complexului cartamina – celuloză sub formă de pulbere	12
3.7. Influența radiațiilor ultraviolete asupra stabilității coloranților	12
4. TEHNOLOGIA DE OBȚINERE A COLORANȚILOR DIN PETALE DE ȘOFRĂNEL (<i>Carthamus tinctorius</i> L.)	13
4.1. Mecanismul procesului de extracție a pigmentilor din petale în mediu lichid	14
4.2. Modelarea cinetică a procesului de extracție a pigmentilor	16
4.3. Sistem de producție a coloranților din petale de șofrănel	17
4.3.1. Linia tehnologică de obținere a coloranților din petale de șofrănel	17
5. DIRECȚII POSIBILE DE UTILIZARE A COLORANTULUI GALBEN DIN PETALE DE ȘOFRĂNEL ÎN TEHNOLOGIA PRODUSELOR ALIMENTARE	20
5.1. Principii de utilizare a coloranților naturali din petale de șofrănel în compoziții alimentare	20
5.2. Utilizarea colorantului galben din petale de șofrănel în tehnologia de fabricare a maselor de caramel	20
5.2.1. Determinarea indicilor de calitate a maselor de caramel	21
5.2.2. Indicii de culoare și stabilitatea colorantului galben în masele de caramel	21
5.2.3. Influența anticristalizatorului asupra parametrilor cromatici a maseelor de caramel	22
5.3. Utilizarea colorantului galben în tehnologia de fabricare a iaurtului	23
5.3.1. Determinarea indicilor de calitate a probelor de iaurt	23
5.3.2. Stabilitatea colorantului pe durata a 28 de zile de depozitare	23
CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI	25
BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ	27
LISTA PUBLICAȚIILOR AUTORULUI LA TEMA TEZEI	28
ADNOTARE	33
АННОТАЦИЯ	34
ABSTRACT	35

INTRODUCERE

Actualitatea și importanța temei abordate. Din punct de vedere a modernizării continuă a tehnologiilor industriale de fabricație a alimentelor, concomitent cu ameliorarea valorii nutritive ale acestora, există problema fabricației alimentelor de calitate senzorială superioară. Un impact semnificativ în formarea calității senzoriale a alimentelor prezintă coloranții. În prezent, utilizarea coloranților alimentari la nivel internațional este reglementată de Comisia Codex Alimentarius a ONU pentru Alimentație și Agricultură și Organizația Mondială a Sănătății, OMS. La nivelul național utilizarea coloranților alimentari este coordonată de Comitetul Național Codex Alimentarius al Republicii Moldova.

În ultimii ani o atenție deosebită se acordă problemei ameliorării calității senzoriale și inofensivității alimentelor, care conțin coloranți sintetici. Prin urmare, una din direcțiile importante ale țărilor Uniunii Europene, inclusiv Republicii Moldova, este destinată investigațiilor privind identificarea materiilor prime noi – surselor de coloranți naturali. Problema combaterii abuzului coloranților sintetici în alimente, fiind foarte importantă a fost studiată și în anii precedenți. În anii 2000 – 2010, în baza Programelor de Stat ale Academiei de Științe a Moldovei, coordonate de academicianul Gheorghe Duca, s-a studiat problema obținerii coloranților din deșeuri de struguri. La Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea Tehnologia Alimentelor, au fost efectuate cercetări științifice (conducător dr. conf. Boris Carabulea), destinate obținerii coloranților din sfeclă roșie [1]. În anii 2016 – 2020 în urma cercetărilor științifice, efectuate de dr. hab. Aliona Ghendov-Moșanu și dr. hab., prof. Rodica Sturza, s-a demonstrat posibilitatea de obținere a coloranților din deșeuri de fructe și legume și utilizarea lor în tehnologia de obținere a alimentelor funcționale [2, 3].

În prezent, investigațiile legate de identificarea materiilor prime de origine vegetală pentru obținerea coloranților continuă. Una din problemele principale prezintă consumul înalt al resurselor energetice în tehnologiile de obținere a coloranților din materii prime tradiționale și deșeurile acestora. Prin urmare, este necesară continuarea investigațiilor în scopul identificării surselor vegetale netradiționale, cu conținut înalt în pigmenți cu stabilitate îmbunătățită a culorii, care vor asigura consum rezonabil de energie în tehnologia de obținere fezabilă din punct de vedere economic.

Petalele plantei șofrănel (*Carthamus tinctorius* L.) sunt bogate în pigmenți galbeni și roșu de natură calconă. Prin urmare, această plantă prezintă un interes deosebit ca sursa de alternativă, care ar asigura obținerea coloranților alimentari. Elaborarea tehnologiei de obținere a pigmenților necesită studierea proprietăților fizico-chimice și tehnologice, precum și a domeniului de utilizare a acestor pigmenți în industria alimentară.

Pentru consumatori aspectul alimentelor, îndeosebi culoarea, prezintă un indicator important al calității, influențând acceptabilitatea alimentelor de către consumator, care caracterizează calitatea senzorială și inofensivitatea produselor alimentare. În vederea obținerii culorii se utilizează coloranți sintetici și naturali. De obicei, coloranții naturali sunt mai puțin stabili, decât cei sintetici.

În ultimii ani crește considerabil îngrijorarea Uniunii Europene referitor la utilizarea coloranților sintetici în produsele alimentare. Studiile recente au demonstrat, că există problema utilizării coloranților sintetici, consumul cărora afectează negativ starea de sănătate a populației. Utilizarea unei game largi de coloranți sintetici, ridică problemele legate de siguranța alimentară. Dezavantajul utilizării coloranților sintetici se referă la proprietățile lor toxicologice, deoarece, fiind produși de sinteză, mulți coloranți conțin reziduuri de elemente toxice (Pb, As, Cu, Cd, Se, U, Hg) sau compuși organici (solvenți, hidrocarburi aromatice etc.). Compușii cu grupări cromofore de tip „azo” (amarant, tartrazina) conform unor date sunt cancerigeni, din care cauză în țările europene acești coloranți sunt interziși pentru utilizare în compoziții alimentare.

Investigațiile legate de elaborarea și implementarea tehnologiei de fabricare a coloranților din petalele plantei șofrănel, la moment recoltate în Republica Moldova doar pe parcele experimentale, sunt actuale, deoarece vor contribui la rezolvarea problemei colorării inofensive a produselor alimentare și diminuării efectelor negative ale coloranților sintetici, respectiv, la îmbunătățirea calității alimentelor și stării de sănătate a populației.

Reieșind din cele expuse, tematica tezei corespunde cu prioritatea strategică de dezvoltare a științei în Republica Moldova, și anume: „Agricultura durabilă, securitatea alimentară și siguranța alimentelor”. O bună parte a prezentei teze a fost realizată în cadrul Programului de Stat, proiectului 20.80009.5107.09: „Ameliorarea calității și siguranței alimentelor prin biotehnologie și inginerie alimentară” (2020-2023), director Rodica Sturza, dr. hab., prof. univ.

Scopul lucrării: constă în investigații teoretice și experimentale, destinate aprecierii proprietăților fizico-chimice și tehnologice ale coloranților din petale de șofrănel (*Carthamus tinctorius* L.), elaborarea tehnologiei de obținere și utilizare a coloranților alimentari noi, care vor putea substitui coloranții sintetici în tehnologia de obținere a produselor alimentare. Lucrarea se înscrie în direcția prioritară de investigații ale UE, destinată ameliorării calității produselor alimentare prin majorarea ponderii utilizării coloranților naturali în industria alimentară.

Obiectivele cercetării:

Analiza structurii chimice și a proprietăților fizico-chimice ale pigmentilor din petale de șofrănel, cultivat în Republica Moldova;

Stabilirea corelației dintre structura chimică a pigmentilor și capacitatea de colorare a sistemelor model și a produselor alimentare;

Elucidarea teoretică și experimentală a mecanismului procesului de extracție a pigmentilor din petale de șofrănel;

Determinarea duratei optime a procesului de extracție a pigmentilor din petale de șofrănel prin modelarea cinetică a procesului;

Elaborarea sistemului tehnologic de producție a coloranților stabili galben și roșu din petale de șofrănel;

Utilizarea colorantului galben din petale de șofrănel în fabricarea unor produse alimentare. Pentru a atinge scopul cercetărilor au fost formulate următoarele **ipoteze științifice**:

Pentru extragerea pigmentilor din petale de șofrănel este necesară asigurarea mobilității moleculelor de pigmenți în interiorul fazei petalelor și aplicarea regimului hidrodinamic de difuziune a pigmentilor în conformitate cu prima lege a lui Fick.

Utilizarea în calitate de coloranți alimentari a pigmentilor de culoare galbenă și roșie, obținuți din petale de șofrănel, este posibilă datorită faptului, că moleculele pigmentilor manifestă capacitatea de hidratare și difuziune în mediu lichid, concomitent cu păstrarea stabilității grupărilor cromofore ale pigmentilor și capacității de a colora compozițiile alimentare.

CONȚINUTUL TEZEI

1. OBȚINEREA ȘI UTILIZAREA COLORANȚILOR NATURALI ÎN COMPOZIȚII ALIMENTARE

Primul capitol reprezintă analiza informației, legate de problema obținerii și utilizării a coloranților naturali în compoziții alimentare, clasificarea coloranților, principiile generale de utilizare a coloranților în industria alimentară, impactul modificării compușilor chimici asupra aspectului produselor alimentare, caracteristicile generale a plantei șofrănel și caracteristicile pigmentilor din petalele plantei. Problema obținerii și utilizării coloranților naturali pentru industria alimentară rămâne actuală din punctele de vedere teoretic și aplicativ. Structura și proprietățile coloranților utilizați influențează asupra asigurării calității alimentelor. Prin urmare, rezolvarea problemelor legate de obținererea și utilizarea coloranților naturali din surse vegetale noi în industria alimentară este actuală pentru Republica Moldova. Un număr mare de surse bibliografice denotă, că planta șofrănel prezintă o sursă de perspectivă de coloranți galben și roșu, necesari pentru utilizare în industria alimentară, însă puține publicații, îndeosebi autohtone, cuprind cercetările în acest domeniu. Totodată, nu au fost găsite informații suficiente despre

proprietățile tehnologice ale petalelor de șofrănel, utilizate pentru extracția coloranților. De asemenea, lipsește informația despre principiile științifice a metodelor de extracție a pigmentilor galben și roșu din petalele de șofrănel. Capitolul se încheie cu concluzii și formularea obiectivelor, bazate pe analiza surselor bibliografice, care reflectă problematica în domeniul tehnologiei alimentare, și anume, în domeniul utilizării coloranților sintetici în fabricarea produselor alimentare, care au un efect negativ asupra sănătății omului.

2. MATERIALE ȘI METODE DE CERCETARE

Capitolul 2 reflectă informația despre materia primă studiată, metode chimice, fizico - chimice și tehnologice de cercetare. Sunt prezentați reactivii chimici, materialele de laborator utilizați și metodele de prelucrare statistică a rezultatelor obținute. Studiul realizat s-a efectuat în cadrul laboratoarelor științifice ale facultății Tehnologia Alimentelor, Universitatea Tehnică a Moldovei.

Obiectele principale de studiu sunt coloranții galben și roșu obținuți în condiții de laborator prin trei etape: extracția coloranților din petale, eliminarea cartaminei native din mediu lichid și obținerea colorantului galben în stare solidă.

La efectuarea cercetărilor experimentale, s-au utilizat metode standard, aprobate pentru utilizare în industria alimentară, precum spectroscopia în domeniul UV-Vis (DR-5000, „Hach-Lange”, SUA-Germania), care a permis determinarea gradului de separare a coloranților galben și roșu din extract, obținut din petale. Determinarea stabilității cartaminei în stare pură și în complex cu celuloză, prin evoluția culorii la diferite valori ale pH-lui, utilizând metoda analizei codului RGB. Din metodele industriale moderne, pentru separarea și identificarea coloranților în stare purifică; identificarea componentelor a colorantului galben și pentru determinarea stabilității complexului cartamina – celuloză la temperaturi înalte în stare uscată, s-a utilizat cromatografia lichidă de înaltă performanță („Shimadzu LC 2030-C 3D-Plus”). Analiza formării legăturilor noi și transformările moleculei cartaminei în faza celulozei au fost înregistrate prin metoda spectroscopiei în domeniul infraroșu („Shimadzu IR Prestige-21”).

Analiza procesului de extracție a pigmentilor din petale s-a realizat prin modelarea cinetică a modificării concentrației pigmentilor în timp. S-au determinat limitele de încredere a mediei parametrului examinat, X_m și dispersia valorilor numerice, σ . Probabilitatea de încredere, P , constituie 0,95.

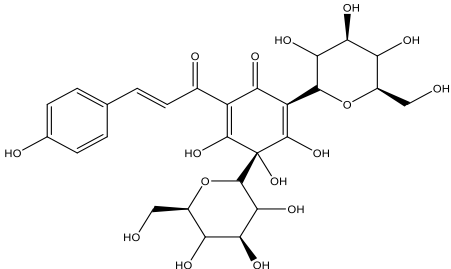
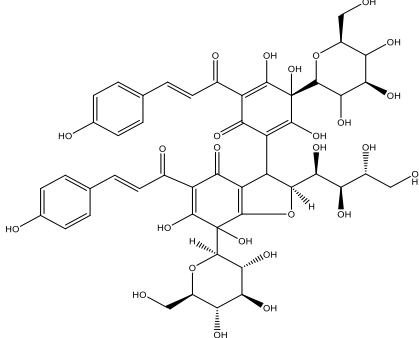
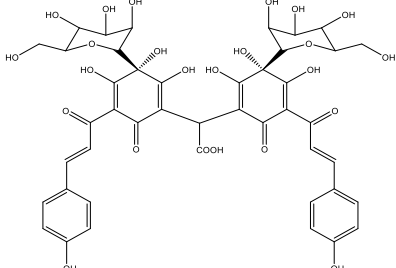
3. PROPRIETĂȚILE FIZICO-CHIMICE ALE COLORANȚILOR DIN ȘOFRĂNEL

3.1. Biosinteza calconelor în materia primă

Pentru inițierea și desfășurarea studiului proprietăților fizico-chimice a coloranților, extrași din șofrănel, care ar fi potriviți pentru industria alimentară, a fost necesară cunoașterea istoricului lor în materia primă vegetală (petale), adică, modificărilor acestora în timpul biosintezei.

Faptul că, biosinteza cartaminei este un proces complex, se confirmă prin datele, obținute în cadrul prezentei teze prin utilizarea metodei HPLC cu detector PDA [4]. Conform datelor, petalele de șofrănel, indiferent de gradul de maturitate conțin cel puțin cinci coloranți galbeni, care au fost identificați [4]. Prin metoda HPLC, s-a determinat, că cea mai mare cantitate de culoare galbenă din colorantul galben alimentar din petale de șofrănel, YFDS, este reprezentată de hidroxisafflor galben A, HSYA, ($R_T = 21,1$), precartamina ($R_T = 24,39$) și anhidrosafflor galben B, AHSYB ($R_T = 22,3$) în ordine descrescătoare (tabelul 1).

Tabelul 1. Timpurile de retenție a pigmentilor galbeni din petale de șofrănel, care predomină în YFDS

Denumirea calconei	Formula brută	Structura chimică a calconei	R_T , min	
			LC-1A	LC-1B
1	2	3	4	5
Hidroxisafflor galben A	$C_{27}H_{32}O_{16}$		$21,1 \pm 0,6$	$14,9 \pm 0,4$
Anhidrosafflor galben B	$C_{48}H_{52}O_{26}$		$22,3 \pm 0,6$	$16,7 \pm 0,4$
Precartamina	$C_{44}H_{44}O_{24}$		$24,4 \pm 0,6$	$18,8 \pm 0,5$

Ultima etapa de biosinteza a celor mai de preț calcone, cartaminei și izocartaminei de culoare roșie, reprezintă decarboxilarea/dehidrogenarea concomitentă a precartaminei – o reacție enzimatică, catalizată de fermentul decarboxilază, care are loc atât în petale, cât și poate fi efectuată *in vitro* [5].

Moleculele cartaminei și izocartaminei păstrează în structura sa două fragmente cu structura calconecă. În aceste molecule se realizează conjugarea a șaptesprezece perechi de electroni (figura 1), acest cromofor destul de mare asigură apariția maximului de absorbție la 520 nm, ce corespunde cu culoarea roșie a cartaminei și a soluțiilor acesteia în apă și în unii solvenți organici.

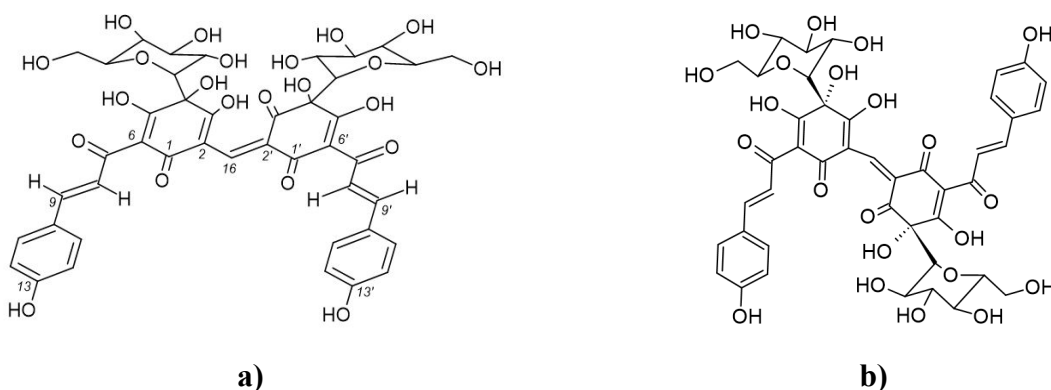


Fig. 1. Structura chimică a moleculei de cartamină (a) și izocartamină (b)

3.2. Influența pH-lui asupra spectrelor și culorii calconelor în soluții

Au fost înregistrate spectrele UV-Vis ale extractelor soluțiilor model cu concentrații de la 10^{-5} până la 10^{-3} mol/L la diferite valori ale pH (figurile 2, 3).

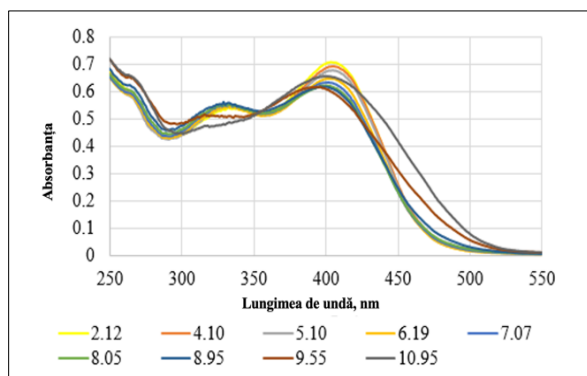


Fig. 2. Modificările spectrului UV-Vis a extractului colorantului galben 10^{-4} mol/L în funcție de pH

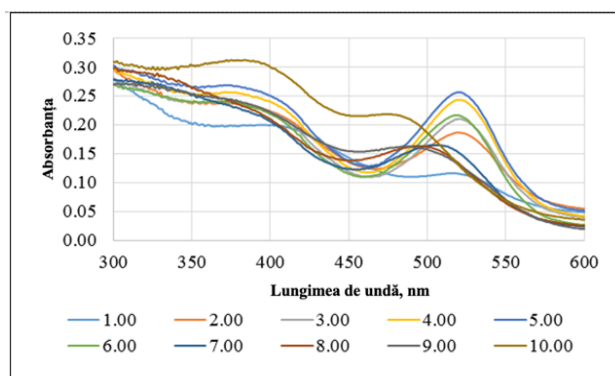


Fig. 3. Spectrele soluțiilor 10^{-5} mol/L a cartaminei în funcție de pH

Metoda spectrofotometrică demonstrează influența moderată a valorii pH – lui asupra culorii extractelor calconelor galbeni. Spectrele soluțiilor de cartamină diferă semnificativ în funcție de pH, ce indică modificările structurale ale cromoforului.

Poziția maximului de absorbție a extractului colorantului galben rămâne constantă la lungimea de undă 404 nm în intervalul pH-lui de la 2 până la 8. La valorile pH – lui de la 8 până la 11 schimbările în spectrele UV-Vis devin semnificative (figura 2). Pentru spectrele cartaminei maximul de absorbție corespunde cu 520 nm în intervalul pH – lui de la 2 până la 5. Dacă pH – ul crește, spectrele UV-Vis arată o deplasare către lungimi de undă mai scurte (figura 3), ce denotă faptul modificării structurii cromoforului și, foarte probabil, perturbarea stabilității moleculei.

3.3. Instabilitatea cartaminei în soluții

Prezintă interes aprecierea constantelor de viteză a procesului de descompunere a cartaminei în soluții, care v-a caracteriza în mod cantitativ stabilitatea acestei calcone.

Pentru determinarea concentrației curente C_t , soluția de cartamină, a fost injectată imediat după obținere și filtrare prin microfiltru. Apoi o parte din această soluție s-a menținut la +5°C (II), iar a doua parte la +20°C (III). A doua zi, soluția (II) și soluția (III) au fost injectate, obținând valorile ariilor picurilor $A(II) = 2369816$ și $A(III) = 479349$. S-au calculat constantele de viteză de descompunere a cartaminei la pH egal cu 4,5, care au constituit $K_{I,278} = 0,00357 \text{ h}^{-1}$ și $K_{I,293} = 0,0835 \text{ h}^{-1}$

Constantele de viteză calculate, au permis de calculat energia de activare E_A [6] a procesului de descompunere. Valoarea înaltă a energiei de activare, care constituie 142,32 kJ corespunde proceselor, care au loc în faza lichidă, adică, nu implică fenomenele de interfață, pentru care energia de activitate este de < 40 kJ/mol.

Astfel, timpul de viață a cartaminei în starea dizolvată în apă, alcătuiește doar câteva ore chiar și la temperaturile mai mici de 30°C.

3.4. Particularitățile profilului RGB ale soluției de cartamină și a complexului cartamina – celuloză în stare umedă

Studiul comparativ al stabilității și profilului RGB, a demonstrat, că cartamina se comportă diferit în soluție și în faza celulozei microcristaline la aceleași valori ale pH – lui (tabelul 2).

Vizual, soluțiile apoase ale cartaminei au patru nuanțe de culoare: portocaliu, portocaliu – roz, roz și bej, iar cartamina absorbită pe celuloză capătă culoarea purpurie și magenta.

Tabelul 2. Valorile RGB (digitalizate) și aspectul vizual al soluțiilor de cartamină și a complexului cartamină-celuloză umed

pH	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Cartamina în soluții apoase foarte diluate, C_M egală cu 10^{-4} mol/L										
<R>	232	233	229	234	241	240	232	230	228	224
<G>	176	165	167	161	143	133	130	137	147	176
	84	102	118	123	141	141	136	139	135	128
	Oranj	Oranj-roz			Roz				Bej	
Complexul umed cartamina-celuloză										
<R>	144	97	86	82	89	136	132	123	135	128
<G>	90	41	20	19	21	14	6	8	7	11
	139	79	59	62	65	37	31	29	36	39
	Purpuriu					Magenta				

În intervalul pH – lui de 1 până la 5, probele proaspăt filtrate ale complexului în stare umedă au o culoare magenta. La pH de la 6 până la 9, CCC umed capătă culoarea purpurie, care este total absentă în gama culorilor a soluțiilor de cartamină. Am presupus, că o astfel de „anomalie” poate fi explicată prin influența semnificativă a celulozei asupra stării grupurilor cromofore și asupra structurii moleculei de cartamină în ansamblu [7].

3.5. Mecanismul de stabilizare a cartaminei în faza celulozei

Spre deosebire de cartamina anhidră ($M = 910$) [8] structura moleculei de cartamină hidratată ($M = 928$) [8] asigură posibilități de rotație liberă a grupărilor chinocalconece în mediu apos. Stabilitatea înaltă a CCC a permis să presupunem, că complexarea cartaminei pe celuloză împiedică descompunerea hidrocartaminei (figura 4).

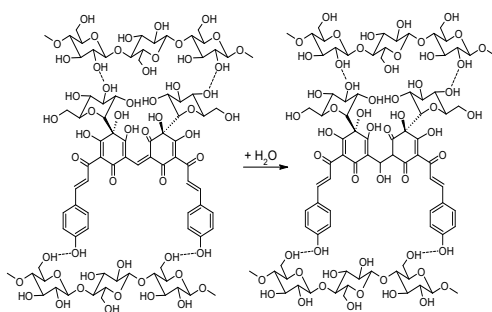


Fig. 4. Blocarea rotirii hidrocartaminei la complexare cu celuloză

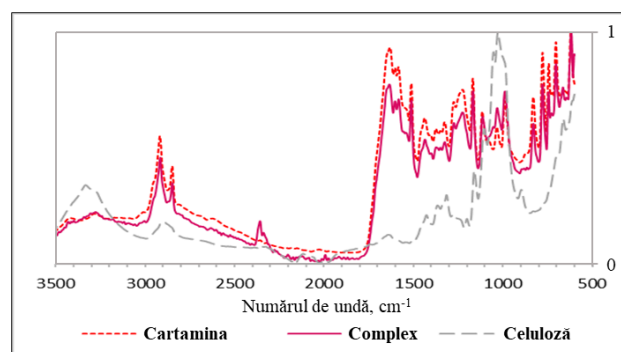


Fig. 5. Spectrele FTIR ATR „normalizate” ale pulberilor uscate

Ipoteza despre efectul puternic al celulozei asupra stării cromoforilor a cartaminei de asemenea găsește confirmări prin analiza spectrelor FTIR (figura 5). În spectrul FTIR al CCC, apar benzile noi la 2340 cm^{-1} și 2360 cm^{-1} , care nu se observă nici în spectrele de celuloză, nici în spectrele de cartamină pură în formă de pulbere [7]. Deși în momentul de față, aceste două benzi neobișnuite nu

au fost legate de noi de niciun grup funcțional specific, ele indică o interacțiune puternică între celuloză și cartamină și de aceea pot fi interpretate ca argument în favoarea formării complexului cartamină – celuloză (CCC).

3.6. Influența temperaturii asupra complexului cartamina – celuloză sub formă de pulbere

Prezintă interes, din punct de vedere a protejării produselor alimentare de inoculare cu microorganisme, supunerea coloranților procesului de sterilizare. Rezultatul stabilității coloranților în formă de pulbere la diferite temperaturi este prezentat în tabelul 3.

Tabelul 3. Influența temperaturii și timpului asupra raportului izomerilor cartaminei în complexul cartamina – celuloză

Denumirea izomerului	Temperatura, °C	Durata tratării termice, minute	Lungimea de undă, λ, nm	Timpul de ieșire, Rt, minute	Aria picului	Conținutul izomerului, %
Izocartamina	100	5	520	5,91	39480	1,642
Cartamina			519	8,407	2365001	98,358
Izocartamina	100	15	516	5,91	47778	1,948
Cartamina			519	8,408	2404771	98,052

Rezultatele cercetărilor au demonstrat, că degradarea cartaminei din componența CCC sub influența diferitor temperaturi este nesemnificativă. Astfel, proba netratată termic se caracterizează cu raportul cartamina/izocartamina 98,1/1,9, iar proba tratată la 100°C timp de 15 minute se caracterizează prin raportul cartamina/izocartamina prin același raport. Totodată, la compararea ariilor se observă diferența doar de două 2% între aceste probe, ceea ce nu depășește valoarea admisibilă a experimentului.

3.7. Influența radiațiilor ultraviolete asupra stabilității coloranților din petale de șofrănel

Pentru studiul stabilității coloranților sub formă de pulbere la acțiunea radiațiilor UV-Vis în cadrul tezei a fost elaborat și montat un stand experimental pentru simularea acțiuni îndelungate a razelor UV asupra probelor (tabelul 4).

Tabelul 4. Influența radiațiilor ultraviolete asupra colorantului galben, YFDS

Proba analizată	Denumirea pigmentului identificat	Lungimea de undă, λ, nm	Timpul de ieșire, Rt, minute	Aria picului	Conținutul pigmentului, %
YFDS	HSYA	403	18,248	623985	35,342
	Neidentificat	409	18,83	104648	5,927
	Precartamina	411	19,98	575297	32,584

	AHSYB	411	21,999	461657	26,147
YFDS-UV	HSYA	403	18,238	648992	36,557
	Neidentificat	409	18,825	97142	5,472
	Precartamina	409	19,973	546886	30,806
	AHSYB	410	21,994	482250	27,165

Nota: YFDS – colorantul galben; YFDS-UV – colorantul galben iradiat cu UV

Analizând ariile picurilor cromatografice a calconelor galbeni (tabelul 4), a fost demonstrat, că colorantul galben YFDS în stare solidă nu suferă schimbări semnificative sub acțiunea radiațiilor ultraviolete. După tratarea cu raze ultraviolete a probelor de YFDS compușii calconee au avut aceleași valori ale timpurilor de retenție, ceea ce confirmă, că structura calconelor în componența colorantului solid rămâne stabilă la iradierea cu UV.

Rezultatele, care caracterizează stabilitatea calconelor roșii, sunt prezentate în tabelul 5.

Tabelul 5. Influența radiațiilor ultraviolete asupra complexului cartamina – celuloză

Proba analizată	Denumirea substanței	$\lambda(\text{max}), \text{nm}$	Rt	Area	Area, %
CCC	Izocartamina	513/415/260/669/637	6,128	8894	2,659
	Cartamina	519/458/197/309/226	8,835	325578	97,341
CCC-UV	Izocartamina	194/522/222/248/674	6,13	15068	5,203
	Cartamina	520/458/195/308/227	8,836	274557	94,797

Nota: CCC – complexul cartamina-celuloză; CCC-UV – complexul cartamina – celuloză radiat

În tabelul 5 s-a urmărit situație identică. Ariile picurilor de cartamină și izocartamină după expunere la lumină, nu diferă semnificativ de valorile ariilor picurilor de cartamină și izocartamină, obținute înainte de a fi expuse razelor UV. Acest fapt încă o dată confirmă, că complexarea cartaminei pe celuloză blochează rotirea grupărilor funcționale ale cromoforului și nu permite rearanjarea structurii moleculei de cartamină.

4. TEHNOLOGIA DE OBȚINERE A COLORANȚILOR DIN PETALE DE ȘOFRĂNEL (*Carthamus tinctorius* L.)

Elaborarea tehnologiei de fabricație a coloranților alimentari noi, prezintă o problemă complexă din punct de vedere tehnologic și tehnic. În special, studiile teoretice și experimentale au fost destinate aprecierii mecanismului procesului de extracție a pigmentilor din petale, concomitent cu elaborarea unui model matematic a procesului de difuziune a pigmentilor.

4.1. Mecanismul procesului de extracție a pigmentilor din petale în mediu lichid

Pigmenții se deplasează din masa de petale atât prin difuziune moleculară, cât și printr-o mișcare turbulentă, ca rezultat al agitării mecanice. Difuziunea pigmentilor se exprimă prin prima lege a lui Fick. Principiul procesului constă în aceea, că masa substanței extrase depinde de gradientul concentrației și de coeficientului de difuziune. În mod general, ecuația diferențială a difuziei se prezintă sub forma [9]:

$$dm = -D \frac{dc}{dx}, \quad (1)$$

Pentru analiza procesului de difuziune a pigmentilor, în cadrul tezei s-a propus modelul generalizat de structură a petalelor, redus la un corp geometric ușor calculabil. Petalele au fost prezentate sub formă de placă cu valoarea coeficientului de formă $E_f = 1,0$ [9].

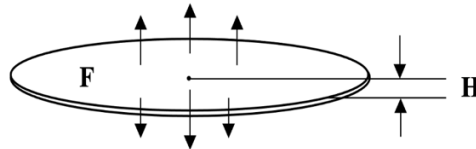


Fig. 6. Prezentarea petalei de șofrănel sub formă de placă

Conform ecuației lui Fick, difuziunea masei pigmentilor de pe suprafața petalelor în mediu lichid se exprimă în formă diferențială astfel:

$$dm = -D \frac{dc}{dF} M d\tau, \quad (2)$$

În procesul de extracție masa pigmentilor, dm , migrează prin difuziune din centrul petalelor pe suprafață. Masa pigmentilor deplasați, dm , se determină cu ajutorul relației:

$$dm = \beta \cdot M \cdot C \cdot F \cdot d\tau, \quad (3)$$

Totodată, există bilanțul dintre masa pigmentilor deplasați din centru petalelor pe suprafața lor și masa pigmentilor, care difundează de pe suprafață petalelor în mediu exterior. Relația matematică a acestui bilanț se prezintă sub formă de ecuației diferențiale:

$$-D \frac{dC}{dF} M d\tau = \beta \cdot M \cdot C \cdot F \cdot d\tau, \quad (4)$$

După rezolvarea ecuației (4) s-a obținut relația matematică a procesului de extracție a pigmentilor din petale, care arată în felul următor:

$$C = C_0 \exp(-0,5 k F^2) \quad (5)$$

Conform relației (5) concentrația pigmentilor extrași, C , depinde de concentrația pigmentilor în petale, C_0 , suprafața petalelor la puterea doi și coeficientul de extracție a pigmentilor, k , care reprezintă raportul coeficienților de transfer și difuziune, D și β .

S-a analizat impactul valorilor numerice ale coeficienților, D și β , asupra randamentului pigmentilor din petale. În acest scop, s-au examinat trei relații posibile dintre randamentul pigmentilor determinat experimental și calculat prin aplicarea relației matematice (5).

S-a constatat, că raportul coeficienților $D/\beta \approx 1$ corespunde adecvat procesului real de extracție a pigmentilor din petale și asigură obținerea randamentului maximal de 85% [10].

Tabelul 6. Influența raportului coeficienților, D și β , în relația matematică elaborată și aplicarea relației în analiza procesului de extracție a pigmentilor

Raportul D/β	Numărul ciclurilor de extracție	Randamentul pigmentilor, g	Randamentul pigmentilor, %	Corelația randamentului pigmentilor teoretic și experimental
$D > \beta$ ($3D = \beta$)	4	7,0	63,0	Lipsește
$D < \beta$ ($D = 3\beta$)	2	10,7	97,0	Lipsește
$D = \beta$ ($D/\beta = 1$)	4	11,0	85,0	Corespunde 85,0% = 85,0%

Datele procesului de extracție a pigmentilor au fost analizate din punct de vedere a desfășurării procesului în timp (figura 7). Pentru a simplifica determinarea coeficientului de extracție a pigmentilor, datele experimentale a reducerii conținutului pigmentilor în timp se prezintă în coordonate semilogaritmice (figura 8) [11].

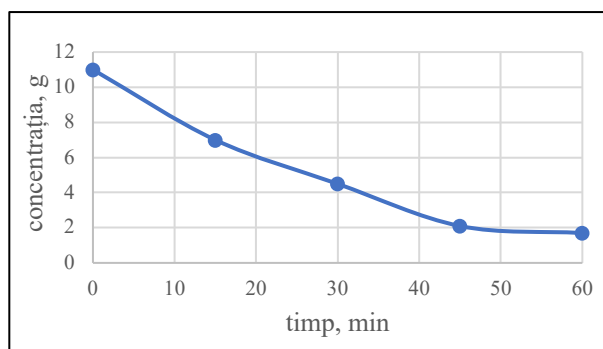


Fig. 7. Reducerea conținutului pigmentilor în structura petalelor pe parcursul procesului de extracție

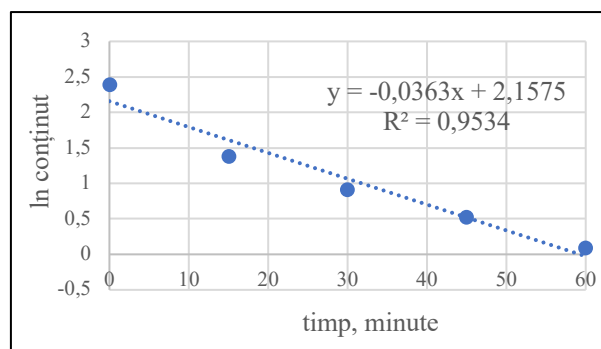


Fig. 8. Corelația liniară între logaritmul concentrației pigmentilor în petale, $\ln C$ și durata procesului de extracție, minute

Datele, prezentate pe figura 8, se aranjează liniar, iar valoarea credibilității de aproximație $R^2 > 0,95$ este încă un bun argument, care confirmă caracterul liniar al acesteia.

$$\ln C = -0,0363\tau + 2,1575 \quad (6)$$

În condițiile, când coeficientul, k , se transferă din ecuația semilogaritmă în ecuația liniară se determină exponenta $\exp(-k)$; în acest caz $k = e^{-0,0363} = 0,97 \approx 1,0$.

Prin urmare, s-a dovedit că coeficientul procesului de extracție, k , determinat experimental, corelează cu valoarea numerică, k , determinată teoretic, valoarea căreia este egală $k = \beta/D \approx 1,0$.

4.2. Modelarea cinetică a procesului de extracție a pigmentilor

Modelarea cinetică este o metodă experimentală bazată pe analiza vitezei procesului chimic [12]. În mod general, viteza procesului de extracție a pigmentilor se prezintă în felul următor:

$$-\frac{dC}{d\tau} = k_1 [C]^n \quad (7)$$

Tabelul 7. Modificarea concentrației și vitezei de extracție a pigmentilor

Durata procesului de extracție a pigmentilor, τ , min	Modificarea concentrației pigmentilor, C, kg	Logaritmul modificării concentrației, $\ln C$	Viteza modificării concentrației, C/τ , kg/min	Logaritmul modificării concentrației, $\ln (C/\tau)$
0	11,0	2,4	-	-
15	7,0	1,95	0,47	- 0,76
30	4,5	1,5	0,15	-1,90
45	2,1	0,70	0,50	-1,61
60	1,7	0,53	0,03	-2,30

Pentru utilizarea practică a ecuației diferențiale (7), a fost necesar de determinat valorile numerice ale ordinului reacției, n, și valoarea numerică a coeficientului duratei a procesului, k_1 .

Pentru determinarea ordinului procesului, n, ecuația diferențială (7) se prezintă în formă logaritmică, astfel transformându-se în ecuația:

$$\ln\left(-\frac{dC}{d\tau}\right) = \ln k_1 + n \ln C \quad (8)$$

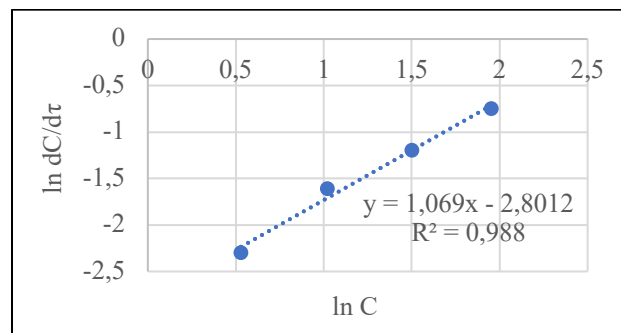


Fig. 9. Determinarea ordinului procesului

Panta cu înclinație a liniei drepte reflectă ordinul procesului, n (figura 9), care este egal cu 1,069, ce reflectă faptul, că ordinul procesului $n \approx 1,0$.

Prin urmare, durata procesului de extracție a pigmentilor se determină cu ajutorul ecuației:

$$\tau = \frac{1}{k} \ln \frac{C_0}{C_0 - C} \quad (9)$$

Verificarea datelor obținute s-a efectuat în scopul aprecierii gradului de corelație între datele obținute experimental și datele calculate cu ajutorul relațiilor (8, 9). De asemenea, s-au analizat

valorile numerice ale coeficientului duratei de extracție a pigmentilor în funcție de masa petalelor procesate de la 1,0 până la 50,0 kilograme (tabelul 8).

Tabelul 8. Valorile numerice ale coeficientului duratei de extracție a pigmentilor

Masa petalelor, kg	Masa pigmentilor, kg	Ecuția $\ln(C) = f(\tau)$	Coeficientul duratei de extracție a k, h ⁻¹	Durata procesului de extracție, h
4,5	1,12 ± 0,02	$\ln C = - 0,036 \tau + 0,12$ $R^2 = 0,9542$	- 0,036	1,0
6,0	1,50 ± 0,05	$\ln C = - 0,032 \tau + 0,40$ $R^2 = 0,8834$	- 0,032	1,2
50,0	12,50 ± 0,05	$\ln C = - 0,031 \tau + 2,52$ $R^2 = 0,9989$	- 0,031	2,5

4.3. Sistem de producție a coloranților din petale de șofrănel

În prezent una din cele mai efective metode de investigații destinate pentru rezolvarea sarcinilor complexe este metodologia abordării sistemice în inginerie [13, 14]. Conform acestei metodologii, tehnologia producției unui colorant alimentar, prezintă un sistem complex, format din mai multe elemente structurale (figura 10).

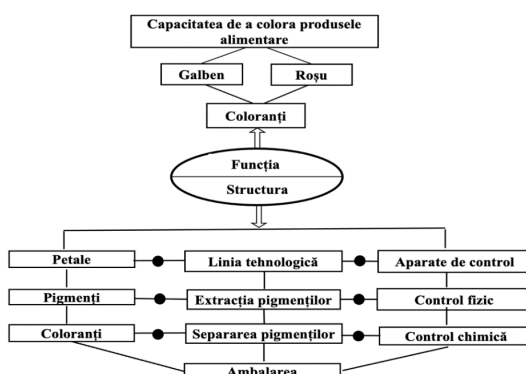


Fig. 10. Schema sistemului de producție a coloranților din petale de șofrănel cu trei nivele ierarhice și legături între elementele sistemului (-●-)

4.3.1. Linia tehnologică de obținere a coloranților din petale de șofrănel

Pentru materializarea tehnologiei de fabricație a coloranților, s-a elaborat linia tehnologică de procesare a petalelor de șofrănel (figura 11).

Poziția 1. Păstrarea petalelor în saci perforați din polietilen la temperatura de 20±2°C, umiditatea relativă a aerului 70 – 75%. Durata de păstrare până la 15-20 zile.

Poziția 2. Inspecția petalelor, din care se elimină impuritățile. Petalele inspectate se încarcă în containere și se cântăresc – poziția 3.

Poziția 4. Petalele sunt supuse hidratării prin agitare cu apă potabilă, raport petale : apa 1 : 10. La această etapă apa intră în interacțiune cu granulele de pigmenți din petale, formând legătura de tip granule – apă.

Pozițiile 5 – 9. Conform rezultatelor cercetărilor experimentale și teoretice, discutate în capitolele 2 și 3, s-a demonstrat că extracția se realizează prin patru cicluri consecutive de extracție a pigmentilor din petale. Randamentul pigmentilor atinge 80 – 85% din masa totală a pigmentilor.

În reactor, poziția 5, are loc primul ciclu al procesului de extracție a pigmentilor din petale cu apă potabilă și adaos de carbonat de sodiu, Na_2CO_3 , pentru obținerea mediului cu valoarea pH – ului egal cu 8,0. Extracția se realizează la temperatura $20 \pm 2^\circ\text{C}$, timp de 15 minute, prin agitare continuă până la apariția culorii constante a extractului [15]. Extracția pigmentilor în următoarele trei cicluri se face cu adaosul apei, obținute prin condensarea vaporilor rezultate în procesul de concentrare a pigmentilor, poziția 10.

Amestecul de extract și petale se acumulează în recipientul din poziția 6. Separarea petalelor se realizează cu ajutorul decanterului (poziția 7). Petalele separate sunt transportate cu ajutorul vasului (poziția 9) în reactor, poziția 5, pentru următorul ciclu de extracție. Acest procedeu se repetă prin patru cicluri de extracție, până la decolorarea petalelor.

Poziția 8. Concentrația pigmentilor în volumul total al extractului este mică și variază în limitele 1,5 – 2,8%.

Poziția 10. Evaporator rotativ industrial. Se utilizează pentru prima concentrare a extractului de pigmenti de la 1,5 – 2,8% până la 24 – 25%. Vaporizarea apei se realizează în aparat rotativ sub vid: temperatura de vaporizare 50°C , la presiunea $P = < 10 \text{ kPa}$.

Poziția 11 și 12. Extractul concentrat se acumulează în recipient intermediar 11 și mai departe se pompează în recipientul 12, unde se petrece separarea și sedimentarea colorantului roșu în stare solidă [16] din mediu lichid a amestecului de coloranți galben și roșu. Colorantul galben rămâne în extract.

Poziția 14. Centrifuga. Colorantul roșu sub formă de complex cartamina – celuloza se acumulează în recipientul intermediar 13. Pentru eliminarea restului de colorant galben și tratarea sedimentului cu apă potabilă, complexul cartamina – celuloză trece prin centrifugare, unde se elimină apa 14. După eliminarea apei, colorantul roșu, este supus deshidratării prin uscare cu razele IR, poziția 20, la temperatura $60 - 70^\circ\text{C}$.

Poziția 16. Din recipientul 12, extractul de pigmenti galbeni se introduce în evaporator rotativ, poziția 15, pentru a doua concentrare a extractului de pigmenti galbeni de la 24 – 25%, până la obținerea colorantului galben sub formă de pastă cu concentrația 30 – 35 %. Condițiile de concentrare: temperatura de vaporizare 50°C , presiunea $P_a = < 10 \text{ kPa}$. Produsul finit – colorant galben sub formă de pastă se transportă pentru dozare și ambalare, poziția 18. De asemenea, din recipientul 16, o parte de pastă se transmite la uscare cu razele IR, instalația 20, temperatura $60 - 70^\circ\text{C}$, pentru obținerea colorantului galben în formă de pulbere.

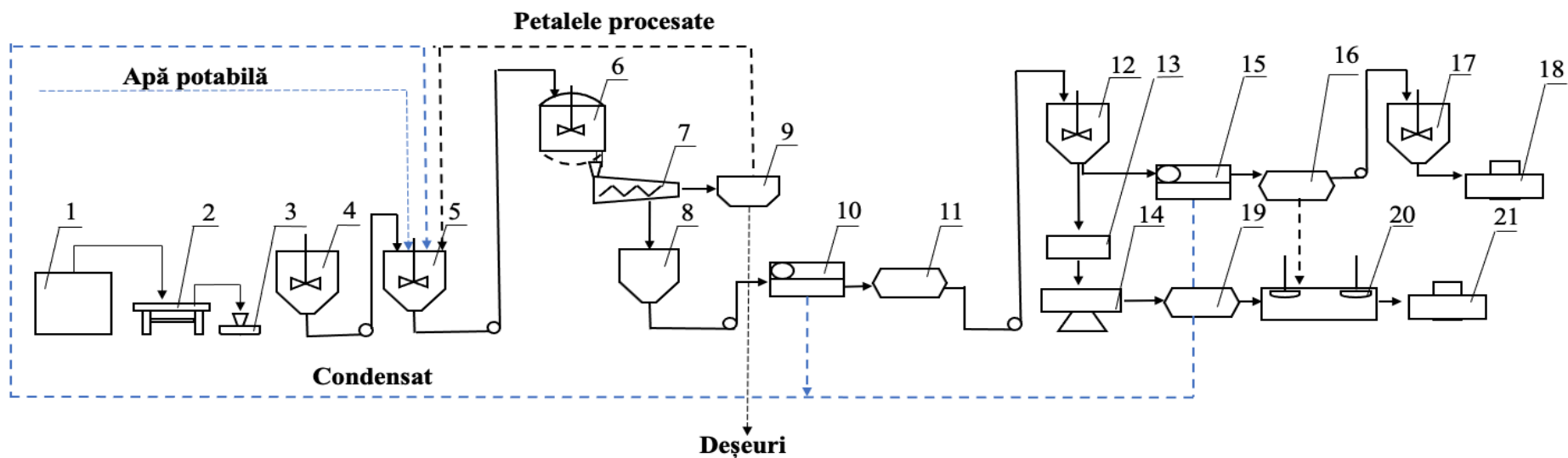


Fig. 11. Linia tehnologică de obținere a coloranților din petale de șofrănel

1 – depozit pentru petale, **punctul de control 1**; 2 – masa pentru inspecția petalelor; 3 – cântar; 4 – recipient pentru formarea sistemului petale : apă; 5 – reactor pentru extracția pigmentilor din petale, **punctul de control 2**; 6 – recipient pentru colectarea extractului de pigmenți împreună cu petale; 7 – decanter pentru separarea petalelor de faza lichidă; 8 – colector a extractului de pigmenți; 9 – vas pentru petale parțial și total decolorate; 10 – evaporator rotativ; 11 – recipient pentru extractul concentrat; 12 – recipient pentru sedimentarea colorantului roșu, **punctul de control 3**; 13 – colector colorantului roșu umed; 14 – centrifugă; 15 – evaporator rotativ; 16 – recipient pentru colectarea colorantului galben în formă de pastă; 17 – recipient pentru colorant galben sub formă de pastă, **punctul de control 4**; 18 – aparat pentru dozare a colorantului galben sub formă de pastă; 19 – recipient pentru colectarea colorantului roșu umed; 20 – instalația cu raze IR pentru colorant roșu și o parte a colorantului galben; 21– aparat pentru dozare a colorantului galben și roșu sub formă de pulbere, **punctul de control 5**.

5. DIRECȚII POSIBILE DE UTILIZARE A COLORANTULUI GALBEN DIN PETALE DE ȘOFRĂNEL ÎN TEHNOLOGIA PRODUSELOR ALIMENTARE

Pentru fabricarea unui produs alimentar cu utilizarea coloranților calconece, obținuți în cadrul tezei, există necesitatea elaborării unei tehnologii modernizate de fabricație a alimentului respectiv.

5.1. Principii de utilizare a coloranților naturali din petale de șofrănel în compoziții alimentare

Alegerea concentrației optime de colorant este oportun de realizat reieșind din următoarele considerente. Densitatea optică (absorbanta) a sistemelor suficient de colorate cu grosimea de 1 cm, se încadrează în limitele de la 0,2 până la 2,0. Soluțiile cu valorile densității optice mai mici de 0,2 vor avea nuanțe sure, nedeterminabile. Culoarea sistemelor cu densitatea optică peste 2,0 va fi atât de intensă, că adăugarea colorantului nu va produce schimbări semnificative.

S-a demonstrat experimental că valoarea coeficientului molar de extincție a colorantului galben, calculat cu referința la precartamina, este de $16500 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$ pentru pH egal cu 5,0 (pct. 3.2.2 în teză). Pentru colorantul galben, aprecierea valorilor optime ale concentrațiilor se face prin utilizarea legii Beer-Lambert (ec. 5.1).

$$m = \frac{A}{\varepsilon \cdot l} \cdot M(\text{precartamina}) = \frac{A * 957 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{0,05 \text{ cm} \cdot 16500 \text{ L cm}^{-1} \text{ mol}^{-1}} = 1,16 \cdot A, \quad (5.1)$$

Astfel, masa colorantului galben, care corespunde cu densitățile optice, A, de la 0,2 până la 2,0, se va încadra în valorile maselor de la 0,116 până la 1,16 g/L. Intervalul estimativ de concentrații a colorantului galben pentru diferite produse alimentare consistente se va încadra în limitele de la 0,24 până la 2,4 g/L.

Pornind de la valoarea coeficientului molar de extincție $3800 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$ pentru cartamină (pct. 3.2.2 în teză), concentrația de CCC se încadrează în limitele de la 4 până la 16 g/kg produs solid.

5.2. Utilizarea colorantului galben din petale de șofrănel în tehnologia de fabricare a maselor de caramel

Pentru studiul posibilității de încorporare a colorantului galben din petale de șofrănel în fabricarea maselor de caramel, au fost aplicate tehnologiile, bazate pe utilizarea a trei tipuri de anticristalizatori: sirop de glucoză, melasă și izomalt.

5.2.1. Determinarea indicilor de calitate a maselor de caramel

A fost determinat, că odată cu creșterea concentrației de colorant galben din petale de șofrănel, valoarea indicelui de aciditate se mărește în toate seriile fabricate. Această creștere are un caracter lent și poate fi explicată prin faptul, că precartamina din compoziția colorantului galben conține grupa carboxilică acidă. Totodată, aceste valori se încadrează în limitele admise de 7,1 – 16,0 grade de aciditate pentru toate probele. Cele mai mari abateri de la proba-martor și de la proba cu tartrazină se obțin pentru probele de caramel cu 1,0% de YFDS.

Conținutul de umiditate în probele maselor de caramel scade considerabil cu creșterea conținutului de colorant galben natural adăugat. Acest efect poate apărea ca urmarea a creșterii acidității probelor, care, la rândul său, influențează asupra ușurinței eliminării apei libere la etapele finale ale formării maselor de caramel.

Conținutul de cenușă în probele cu 0,1 – 0,3% colorant natural nu depășește valoarea admisibilă 0,2% cenușă, pentru toate tipurile de caramel, iar în probele cu concentrația de 0,4% și 1,0% de YFDS conținutul de cenușă este necorespunzător, la fel, și în probele cu tartrazină.

Conținutul de zaharuri reducătoare în probele analizate demonstrează, că adaosul de colorant natural, YFDS, nu influențează semnificativ conținutul acestora. În toate probele maselor de caramel valorile zaharurilor reducătoare s-au încadrat în limitele stabilite, $23 \pm 2\%$, de Hotărârea Guvernului nr. 204 cu privire la aprobarea Reglementării tehnice “Produse de cofetărie” [17].

5.2.2. Indicii de culoare și stabilitatea colorantului galben în masele de caramel

Probele de caramel au fost dizolvate în apă distilată, soluțiile obținute au fost filtrate prin filtru PES și imediat cromatografiate conform metodei HPLC-1B (figura 12).

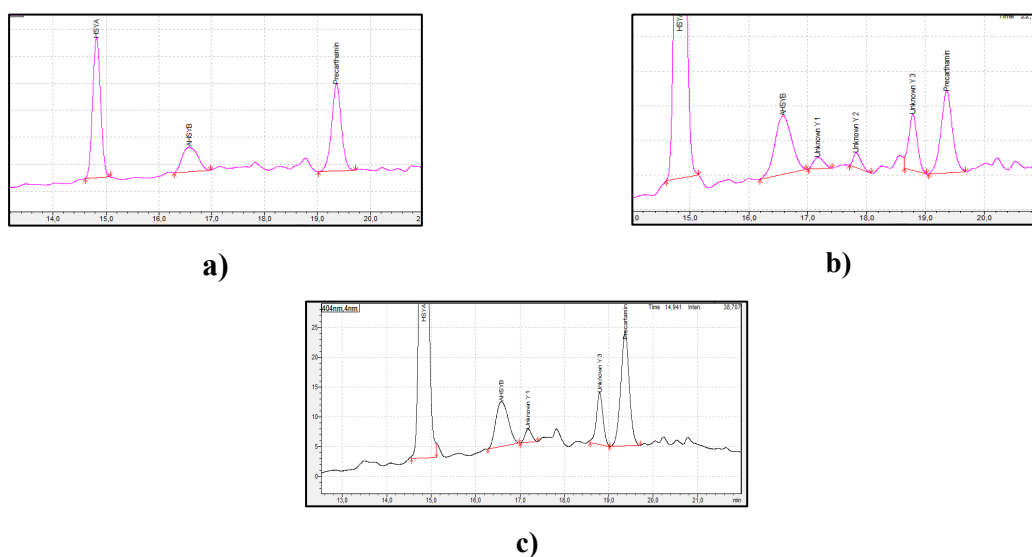


Fig. 12. Cromatogramele picurilor maselor de caramel pe baza de sirop de glucoză (a), izomalt (b) și melasă (c)

Conform cromatogramelor, peste trei săptămâni de la fabricare, toate probele de caramel conțin trei calcone: hidroxisafflor galben A, anhidrosafflor galben B și precartamina, care predomină în amestec. Datele obținute demonstrează, că parametrii proceselor tehnologice de fabricare, tipul anticristalizatorului și durata de depozitare nu provoacă degradări semnificative ale calconelor din YFDS în masele de caramel.

5.2.3. Influența anticristalizatorului asupra parametrilor cromatici a maselor de caramel

Parametrii de culoare a maselor de caramel s-au înregistrat cu dispozitivul Chroma Meter CR-400 prin fotografierea probelor maselor de caramel.

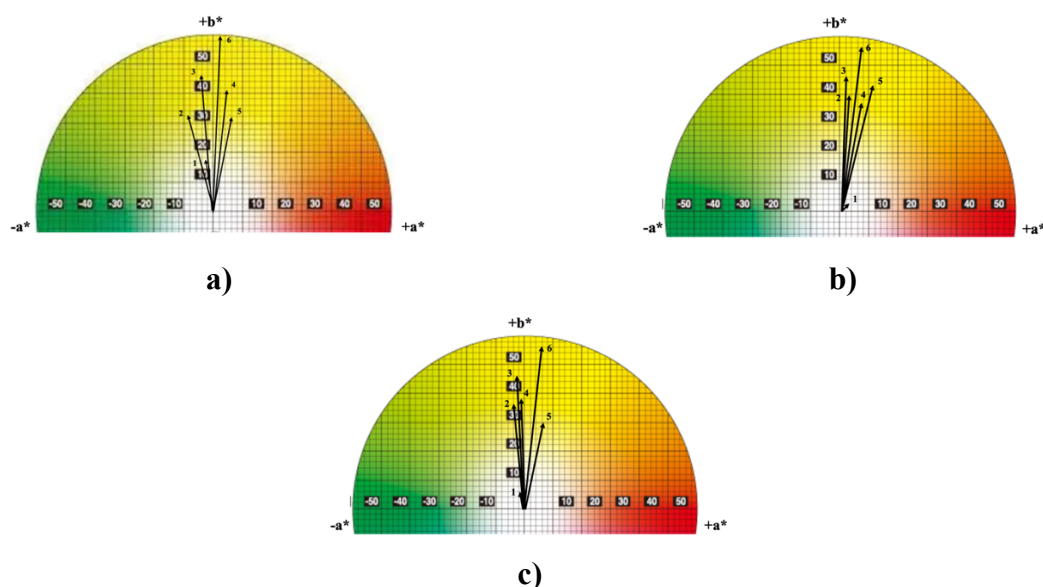


Fig. 13. Profilurile cromatice a maselor de caramel pe bază de: a) sirop de glucoză; b) izomalt; c) melasa în coordonatele CIELab

Din figura 13 se observă, că toate probele martor a maselor de caramel sunt poziționate cel mai aproape de intersecția axelor (punctele 1) și se referă la nuanțele de culoare „gri”. Masele de caramel cu conținut de colorant natural și pe bază de colorant sintetic tartrazina, se regăsesc în coordonatele culorii galbene a sistemului CIELab, în funcție de cantitatea de colorant natural adăugat. Probele maselor de caramel cu conținut de 0,4 și 1,0% colorant natural, YFDS, sunt poziționate în partea profilului cu nuanța culorii oranj, ceea ce încă odată confirmă, că concentrația optimă pentru utilizarea colorantului în masele de caramel trebuie să constituie nu mai mult de 0,3% (punctele 3).

Analiza rezultatelor demonstrează, că concentrația optimă de colorant galben din petale de șofrănel constituie 0,3%, dar în calitate de anticristalizator cel mai potrivit pentru fabricarea maselor de caramel prezintă izomaltul.

5.3. Utilizarea colorantului galben în tehnologia de fabricare a iaurtului

Pentru a studia posibilitatea de încorporare a colorantului galben în unele produse lactate, a fost realizat studiul stabilității colorantului în compoziția iaurtului pe perioada de depozitare.

5.3.1. Determinarea indicilor de calitate a probelor de iaurt

Este important de a se convinge, că dozele adăugate de colorant galben nu modifică substanțial proprietățile fizico-chimice ale probelor de iaurt. Rezultatele determinării parametrilor fizico-chimice sunt prezentate în tabelul 9 [18].

Tabelul 9. Proprietățile fizico-chimice ale probelor de iaurt

Indicatorii	IC	IS1	IS2	IS3	IS4
Substanța uscată totală, %	11,7 ± 0,1	11,8 ± 0,1	11,9 ± 0,2	12,0 ± 0,2	12,1 ± 0,2
Grăsimi, %	3,00 ± 0,11	2,97 ± 0,10	2,96 ± 0,09	2,96 ± 0,09	2,96 ± 0,09
pH	4,40 ± 0,03	4,41 ± 0,03	4,46 ± 0,03	4,48 ± 0,03	4,44 ± 0,03
Vâscozitatea, Pa·s	3,31 ± 0,17	3,90 ± 0,20	3,84 ± 0,19	3,93 ± 0,20	3,97 ± 0,18
Indicele de sinereză, %	70,86 ± 0,71	66,31 ± 0,67	62,84 ± 0,63	60,78 ± 0,61	61,65 ± 0,62

Notă: IC: iaurt clasic (proba-martor); IS1-IS4: probele de iaurt cu adaos de YFDS cu concentrații de la 0,1% până la 0,4% (g/v)

Din tabelul 9 se observă, că vâscozitatea iaurtului s-a dovedit a fi ușor mai mare în probele de iaurt cu colorant din petale de șofrănel, decât în proba martor. S-a constatat că conținutul de grăsime scade ușor odată cu creșterea concentrației de colorant, iar conținutul de substanță uscată crește la fel de moderat, ceea ce este firesc, fiindcă colorantul YFDS reprezintă substanța uscată solubilă non-lipidică. Dependența de doza colorantului a valorilor indicelui de sinereză nu are un caracter liniar și nu influențează esențial calitatea iaurtului. Probele de iaurt cu adaos de colorant din petale de șofrănel prezintă o valoare a pH-lui similară probei de iaurt fără colorant.

5.3.2. Stabilitatea colorantului pe durata a 28 de zile de depozitare

Probele de iaurt cu 0,3 și 0,4% (g/v) adaos de colorant galben, YFDS, au fost supuse monitorizării cu scopul determinării stabilității colorantului pe perioada de depozitare.

Datele obținute demonstrează, că, parametrul L^* prezintă valori medii cuprinse între 73,97 și 75,48 unități pe parcursul celor 28 de zile de depozitare, indicând faptul, că probele au avut o luminozitate mare, similară cu valoarea inițială, obținută în ziua fabricării iaurtului. În ceea ce privește coordonata a^* , valorile medii au fost cuprinse între -5,90 și -5,00 unități. Valorile coordonatelor cromatice a^* sunt negative, ceea ce corespunde cu zona verde a spațiului CIELab. În cazul coordonatei de cromaticitate b^* , valorile medii au fost cuprinse între 17,96 și 18,91 și toate sunt situate pe partea pozitivă a axei, care corespunde cu zona de culoare galbenă. Probele

au arătat uniformitate în cele trei coordonate cromatice L^* , a^* , b^* pe toată perioada de depozitare atât pentru iaurtul de control, cât și pentru iaurt cu colorant natural galben din petale de șofrănel. Gradul unghiului de nuanță h° a rămas aproape constant în timpul depozitării iaurturilor cu colorant galben natural. Acest rezultat indică faptul, că nuanța culorii iaurtului nu se schimbă în timpul depozitării, ceea ce confirmă, că compușii de natură calconă din compoziția colorantului galben în mediu de iaurt nu suferă degradări esențiale de structură. În timpul depozitării, nu au fost observate nici diferențe semnificative ale parametrilor, C^* , pentru toate probele de iaurt, indicând faptul, că culoarea iaurtului rămâne tot atât de intensă în toată perioada monitorizării [18].

Proba de iaurt pregătită pentru cromatografiere a fost analiză prin metoda HPLC – 1 (cap. 2 a tezei). Probele a câte 5mL de iaurt au fost centrifugate la 6000 rotații/minut, timp de 15 minute, suferind stratificarea în trei faze (proteică, apoasă și lipidică). Faza apoasă colorată a fost preluată cu seringă, apoi filtrată prin PTFE 0,45 microni și injectată. Rezultatele identificării calconelor se confirmă prin cromatograma HPLC (figura 14) .

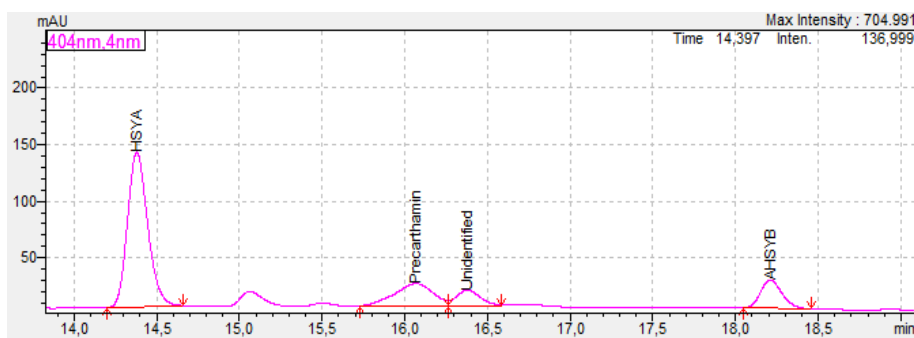


Fig. 14. Profilul HPLC a calconelor din proba de iaurt cu adaos de colorant galben natural din petale de șofrănel

Datele cromatografice, obținute prin calculul suprafețelor de vârf relative ale calconelor (hidroxisafflor galben A, anhidrosafflor galben B, precartamina) nu au demonstrat nici o modificare semnificativă a raportului de calcone în timpul perioadei de depozitare.

Diferențele de culoare pe durata perioadei de depozitare au fost determinate prin ΔE . Diferențele de culoare, ΔE , înregistrate pentru probele cu colorant natural din petale de șofrănel pe toată perioada de depozitare a constituit $\leq 0,79$, ceea ce este un rezultat extrem de satisfăcător, deoarece $\Delta E \leq 3,0$ nu poate fi detectat cu ochiul liber [19].

CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI

În urma realizării cercetărilor teoretice și practice și conform analizei rezultatelor, obținute în cadrul tezei de doctor cu titlul: „Obținerea și utilizarea coloranților naturali din petale de șofrănel (*Carthamus tinctorius* L.) în tehnologia produselor alimentare”, au fost formulate următoarele concluzii:

1. Pentru prima dată au fost elaborate principiile științifice ale funcționării sistemului tehnologic de fabricație simultană a coloranților naturali galben și roșu din materia primă netradițională din petale de șofrănel (*Carthamus tinctorius* L.), s-a determinat compoziția chimică, proprietățile fizico-chimice și tehnologice ale coloranților, s-a apreciat capacitatea lor de a colora și de a îmbunătăți aspectul compozițiilor alimentare de origine vegetală și animală.

2. S-a elaborat un sistem de producție a coloranților galben și roșu din petale de șofrănel cu proprietăți fizico-chimice programate, care include următoarele elemente de bază: materia primă; tehnologia generală de obținere a coloranților, linia tehnologică de fabricație și sistemul de control a fluxului tehnologic.

3. În calitate de materia primă pentru obținerea coloranților YFDS și CCC trebuie să fie utilizate petalele de șofrănel cu conținut de 24,0 – 26,0% de pigmenți roșu și galben din masa petalelor uscate. Pigmentul galben este hidrosolubil constituie 18,0 – 20,0% din masa petalelor și conține compuși calconece, dintre care 5 au fost identificați [4]. Pigmentul roșu conține cartamina și izocartamina – compuși practic insolubili în apă, și constituie 4,5 – 5,5 % din masa petalelor.

4. S-au determinat proprietățile fizico-chimice ale pigmenților: pigmenții galbeni manifestă stabilitatea termică înaltă, fiind rezistenți la încălzire de până la 120°C, posedă stabilitatea la acțiunea razelor UV și stabilitatea în soluții în interval larg al pH-lui, de la 1,0 până la 9,0 [4]. Pigmentul roșu, cartamina, manifestă stabilitatea în medii acide, la pH de la 1,0 până la 5,0 [7].

5. S-a elaborat și s-a explicat metoda fizico-chimică de stabilizare a colorantului roșu, cartamina, prin formarea complexului cu celuloza în raport 1:5 – 1:10 [16], care constă în împiedicarea rotirii moleculei de hidrocartamină. Structura complexului a fost confirmată prin metodele spectroscopiei IR, analizei culorii complexului în starea umedă, analizei cineticii extracției cartaminei din complexul ei cu celuloza, ceea ce confirmă, că complexul cartamina – celuloză poate fi propus în calitate de colorant alimentar, stabil la pH până la 5,0 și la temperaturile de până la 70°C timp de 15 – 30 de minute [7].

6. S-a demonstrat, că mecanismul procesului de difuziune a pigmenților corespunde funcției exponențiale și se desfășoară în conformitate cu prima lege a lui Fick. S-a elaborat relația matematică a procesului de extracție a pigmenților din petale. Particularitatea mecanismului de difuziune a pigmenților constă în corelația coeficientului de transfer a pigmenților din centrul

petalelor pe suprafață, β , și coeficientului de difuziune a pigmentilor de pe suprafața petalelor în mediu exterior, D . A fost elaborat modelul matematic adecvat, care descrie procesul de extracție a pigmentilor [10].

7. Prin modelarea cinetică a procesului de extracție a pigmentilor s-a elaborat relația matematică de determinare a duratei procesului de extracție a pigmentilor din petale la temperatura constantă $20,0 \pm 2,0^\circ\text{C}$. Abaterea dintre datele calculate și datele experimentale a duratei procesului variază în limitele 3,0 – 5,0%.

8. S-a constatat că randamentul coloranților galben și roșu constituie 80,0 – 85,0% din concentrația inițială a coloranților în petale [10]. Avantajul sistemului din punct de vedere economic, constă în faptul că fabricația coloranților se realizează pe baza tehnologiei circulare cu consum redus de energie termică și apă potabilă (practic lipsește necesitatea de uscare a petalelor).

9. S-a elaborat principiul teoretic al metodologiei de colorare a alimentelor, care permite exprimarea culorii prin valori numerice, pe baza scărilor etalon a coloranților galben și roșu din petale de șofrănel:

- pentru colorantul galben, această valoare constituie de la 0,116 până la 1,16 g/L;
- pentru complexul cartamina-celuloză, CCC, de la 0,24 până la 2,4 g/L.

10. S-a constatat, că calconele C-glicozilice din colorantul YFDS rămân intacte în procesul de fabricare a maselor de caramel și poate fi utilizat în calitate de colorant alimentară, neafectând proprietățile fizico-chimice a produsului finit. Concentrațiile optime de colorant galben în masele caramel constituie 0,3 %, care asigură culoarea foarte similară cu culoarea probelor cu conținut de tartrazină.

11. S-a confirmat, că colorantul YFDS poate fi încorporat în matricea lipidă-proteică a produsului acido-lactic, datorită stabilității înalte a calconelor C-glicozilice în tehnologia de fabricare a iaurtului. Concentrația optimă de colorant galben natural, YFDS, necesară pentru a colora suficient iaurtul, constituie de la 0,3 până la 0,4%. Parametrii de culoare rămân stabili pe parcursul celor 28 de zile de depozitare [18].

Recomandări:

1. Se recomandă continuarea cercetărilor compoziției chimice a părților plantei șofrănel, ca unei surse bogate de compuși biologic activi: coloranți naturali din petale și acizii grași polinesaturați ai uleiului din semințe.

2. Se recomandă elaborarea unui proiect de Stat, care ar cuprinde cercetări multilaterale, destinate recoltării și procesării plantei șofrănel (petalelor, semințelor, etc.) și selectării produselor alimentare, în care pot fi adăugați coloranții din șofrănel, înlocuind coloranții sintetici.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

1. CARABULEA, B., MOTRIUC, S. Extragerea coloranților naturali. In: *Conferința tehnico – științifică a colaboratorilor, doctoranzilor și studenților*, 15 – 23 noiembrie, 2013, Chișinău, Republica Moldova, pp. 69-72. ISBN 978-9975-45-310-3.
2. GHENDOV-MOȘANU, A., CRISTEA, E., STURZA, R., NICULAUA, M., PATRAȘ, A. Synthetic dyes substitution with chokeberry extract in jelly candies. In: *Food Science & Technology*. 2020, 57(12), pp. 4383-4394. ISSN 2076-3417.
3. GHENDOV-MOȘANU, A. The use of dog-rose hips (*rosa canina*) fruits in the production of marshmallow-type candy. In: *Food and Environment Safety Journal*. 2018, nr. 17(1), pp. 59-65. ISSN 2068 - 6609.
4. SAVCENCO, A. Spectral and chromatographic characterisation of the yellow food dye from safflower. In: *Journal Engineering Science*. 2022, vol. 29, nr. 3, pp. 189-195. ISSN 2587-3474.
5. MAN-HO, C., TAE-RYONG, H. Purification and characterization of precarthamin decarboxylase from the yellow petals of *Carthamus tinctorius* L. In: *Biochemistry and Biophysics*. 2000, nr. 382(2), pp. 238-244. ISSN: 0003-9861.
6. TATAROV, P. Principii conceptuale ale calității alimentelor și capabilității proceselor tehnologice. Chișinău: Editura „Tehnica-UTM”, 2019. 160 p. ISBN 978-9975-45-572-5.
7. BAERLE, A., SAVCENCO, A., TATAROV, P., FETEA, F., IVANOVA, R., RADU, O. Stability limits of a red carthamin-celulose complex as potential food colourant. In: *Food & Function*. 2021, nr.12, pp. 8037-8043. ISSN 2042-6496.
8. LAURSEN, R., MOURI, C. Decomposition and analysis of carthamin in safflower-dyed textiles. In: *e-Preservation Science*. 2013, nr.10, pp. 35-37. ISSN 1581-9280.
9. BĂISAN, I. *Operații și tehnologii în industria alimentară* [online]. Iași, 2011 [citat 15.02.2023]. Disponibil: <https://mec.tuiasi.ro/diverse/otiam.pdf>.
10. SAVCENCO, A. Particularitățile procesului de extracție a pigmentilor din petale de șofrănel (*Carthamus tinctorius* L.). In: *Conferința tehnico – științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor*, 5 – 7 aprilie, 2023. Chișinău, Republica Moldova, vol. 2, pp. 234-237. ISBN 978-9975-45-956-3.
11. ATKINS, P., PAULA, J. *Physical Chemistry*. New York: W. H. Freeman and Company, 2006. ISBN 0-7167-8759-8.
12. BIRDI, K. *Surface and Colloid Chemistry*. 3rd ed. USA: CRC Press Taylor & Francis Group, 2009. 756 p. ISBN 978-0-8493-7327-5.

13. FOSSNES, T., FORSBERG, K., FISHER, G., INCOSE, C. *Systems engineering handbook* [online]. USA: International Council on Systems Engineering, 2004 [13.05.2023]. Disponibil: <http://www.las.inpe.br/~perondi/21.06.2010/SEHandbookv3.pdf>
14. GAINDRIC, C. *Abordări sistemice în luarea deciziilor* (suport de curs). Universitatea Academiei de Științe a Moldovei, 1017. 156 p.
15. SAVCENCO, A., BAERLE, A., TATAROV, P., IVANOVA, R. Procedeu de obținere a coloranților din petale de șofrănel (*Carthamus tinctorius* L.) Brevet de invenție 1453 (13) Z, C09B 61/00. Universitatea Tehnică a Moldovei. Nr. depozit s2019 0133. Data depozit 23.12.2019. Publicat 31.08.2020. In BOPI. 2020, nr. 8, pp. 59-60.
16. SAVCENCO, A., BAERLE, A., TATAROV, P., IVANOVA, R. Procedeu de obținere a colorantului roșu în formă de pulbere din petale de șofrănel. Brevet de invenție 1609 (13) Z, C09B 61/100. Universitatea Tehnică a Moldovei. Nr. depozit s2020 0159. Data depozit 24.12.2024. Publicat 31.03.2022. In: BOPI. 2022, nr. 3, pp. 59.
17. Hotărârea Guvernului Republicii Moldova pentru aprobarea Reglementării tehnice “Produse de cofetărie”, № 204 din 20.03.2009. În: *Monitorul Oficial al Republicii Moldova*, nr. 57-58.
18. POPESCU, L., GHENDOV-MOȘANU, A., BAERLE, A., SAVCENCO, A., TATAROV, P. Color stability of yogurt with natural yellow food dye from safflower (*Carthamus tinctorius* L.). In: *Journal Engineering Science*. 2022, nr. 29 (1), pp. 142-150. ISSN 2587-3474.
19. HONG, S., HAN, J., KROCHTA, J. Optical and Surface Properties of Whey Protein Isolate Coatings on Plastic Films as Influenced by Substrate, Protein Concentration, and Plasticizer Type. In: *Journal Applied Polymer Science*. 2004, nr.92(1), pp. 335-343. ISSN 0021-8995.

LISTA PUBLICAȚIILOR AUTORULUI LA TEMA TEZEI

1. Cărți de specialitate

1.2. Cărți de specialitate colective

1.2.1. SANDU, I., SAVCENCO, A., BAERLE, A., TATAROV, P., MACARI, A. Capitolul 2. Stabilizarea proprietăților senzoriale și activității biologice a substanțelor biologice active din compoziții alimentare. In: *Ameliorarea calității alimentelor prin biotehnologie și inginerie alimentară*. Chișinău: Ed. Tehnica-UTM, 2023, pp. 34-58

1.2.2. BULGARU, V., CUȘMENCU, T., POPESCU, L., CEȘCO, T., SAVCENCO, A., BAERLE, A., ȚĂRNĂ, R., MACARI, A., STURZA, R., GHENDOV-MOȘANU, A., SANDULACHI, E., GUREV, A., TATAROV, P. Capitolul 6. Tehnologii de fabricare a produselor lactate fermentate cu adaosuri vegetale. In: *Ameliorarea calității alimentelor prin biotehnologie și inginerie alimentară*. Chișinău: Ed. Tehnica-UTM, 2023, pp. 136-165

2. Articole în reviste științifice

2.1. în reviste din bazele de date Web of Science și SCOPUS -1

2.1.1. BAERLE, A., SAVCENCO, A., TATAROV, P., FETEA, F., IVANOVA, R., RADU, O. Stability limits of a red carthamin-cellulose complex as a potential food colourant. In: *Food and Function*, 2021, nr. 12, pp. 8037-8043. Disponibil: <https://doi.org/10.1039/D1FO01376A> (I.F. > 6)

2.2. în reviste din alte baze de date acceptate de către ANACEC (AGRIS, DOAJ, IDN) -3

2.2.1. POPESCU, L., GHENDOV-MOȘANU, A., BAERLE, A., SAVCENCO, A., TATAROV, P. Color stability of yogurt with natural yellow food dye from safflower (*Carthamus tinctorius* L.). In: *Journal of Engineering Science*, 2022, 29 (1), pp. 142-150. Disponibil: [https://doi.org/10.52326/jes.utm.2022.29\(1\).13](https://doi.org/10.52326/jes.utm.2022.29(1).13)

2.2.2. SAVCENCO, A. Spectral and chromatographic characterisation of the yellow food dye from safflower. In: *Journal of Engineering Science*, 2022, 29 (3), pp. 189-195. Disponibil: [https://doi.org/10.52326/jes.utm.2022.29\(3\).16](https://doi.org/10.52326/jes.utm.2022.29(3).16)

2.2.3. SAVCENCO, A. The use of food dyes: problem, solution and source of perspective. In: *Journal of Social Sciences*, 2023, 30 (3), pp. 173-187. Disponibil: [https://doi.org/10.52326/jes.utm.2023.30\(3\).13](https://doi.org/10.52326/jes.utm.2023.30(3).13)

3. Articole în lucrările conferințelor și altor manifestări științifice

3.3. în lucrările manifestărilor științifice incluse în Registrul materialelor publicate în baza manifestărilor științifice organizate din Republica Moldova

3.3.1. SAVCENCO, A. Particularitățile procesului de extracție a pigmentilor din petale de șofrănel (*Carthamus tinctorius* L.). In: *Conferința Tehnico-Științifică a Studenților, Masteranzilor și Doctoranzilor*, 2023, vol. 2, 234-237. ISBN 978-9975-45-956-3 (Diploma de gradul II).

4. Brevete de invenție și alte obiecte de proprietate intelectuală (OPI)

4.2. eliberate de Agenția de Stat pentru Proprietatea Intelectuală

4.2.1. SAVCENCO, A., BAERLE, A., TATAROV, P., IVANOVA, R. Procedeu de obținere a coloranților din petale de șofrănel (*Carthamus tinctorius* L.). Brevet de invenție MD 1453 (13) Z. Publicat In: BOPI nr. 8/2020, pp. 59-60. Disponibil: https://www.agepi.gov.md/sites/default/files/bopi/BOPI_08_2020.pdf#page=7

4.2.2. SAVCENCO A., BAERLE A., TATAROV P., IVANOVA R. Procedeu de obținere a colorantului roșu cartamină sub formă de pulbere. Brevet de invenție MD 1609 (13) Z. Publicat

In: BOPI nr. 3/2022, pp. 59-60. Disponibil:
https://www.agepi.gov.md/sites/default/files/bopi/BOPI_03_2022.pdf#page=7

4.2.3. POPESCU, L., SAVCENCO, A., BAERLE, A., TATAROV, P., GHENDOV - MOȘANU, A., STURZA, R., PATRAȘ, A. Procedeu de fabricare a iaurtului. Brevet de scurtă durată. MD 1625 (13) Y. BOPI 06/2022. Disponibil:
https://www.agepi.gov.md/sites/default/files/bopi/BOPI_06_2022.pdf#page=7

5. Alte lucrări și realizări specific diferitor domenii științifice

5.1. teze în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare) -4

5.1.1. SAVCENCO, A., NETREBA, N., BANTEA-ZAGAREANU, V. Perspective of using ziziphus jujuba mill in the production of marmelade-pastile products. In: 11th International Symposium Euro-Aliment, 2023, Galați, România. pp. 42-43. ISSN 1843-5114. Disponibil:
<http://www.euroaliment.ugal.ro/index.php/en/>

5.1.2. SAVCENCO, A., BAERLE, A. State of carthamin in water and steam extracts of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) petals. In: 4th International Scientific Conference Agrobiodiversity Nutrition, Health and Quality of Human and Bees Life, 2019, Nitra, Slovacia, pp. 186. ISBN 978-80-552-2037-6. Disponibil:
<http://www.slpk.sk/eldo/2019/dl/9788055220703/9788055220703.pdf>

5.1.3. SAVCENCO, A., BAERLE, A., TATAROV, P., MACARI, A., RUGINA, D., RANGA, F. Chalconic profile of yellow food powder-form pigment, obtained from safflower petals. In: Conference Euro-Aliment, the 10th International Symposium, 2021, Galați, România, pp. 54. ISBN 1843-5114. Disponibil: https://ibn.idsi.md/ro/author_articles/64513?coll_str=alt

5.1.4. BAERLE, A., SAVCENCO, A., POPESCU, L., TATAROV, P. Smart technology for obtaining of natural yellow food colorants from safflower. In: 16th International Conference of Constructive Design and Technological Optimization in Machine Building Field, 2021, Bacău, România, pp. 73. ISSN 2457 – 3388. Disponibil: <https://oproteh.ub.ro/assets/abstracts.pdf>

5.2. teze în lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova) -3

5.2.1. SAVCENCO, A., BANTEA-ZAGAREANU, V., BAERLE, A., TATAROV, P. Use of yellow food dye from safflower petals in producing of caramel. In: International Conference MODERN TECHNOLOGIES IN THE FOOD INDUSTRY, 2022, Chișinău, Republica Moldova, pp. 105. ISBN 978-9975-45-851-1. Disponibil:
https://mtfi.utm.md/files/Materialele_Conferintei_MTFI-2022.pdf

5.2.2. **SAVCENCO, A.,** BAERLE, A., IVANOVA, R., TATAROV, P. Regression analysis of carthamin extraction from safflower (*Carthamus tinctorius* L.). In: *International Conference MODERN TECHNOLOGIES IN THE FOOD INDUSTRY*, 2018, Chişinău, Republica Moldova, pp. 243-244. ISBN 978-9975-87-428-1. Disponibil: http://repository.utm.md/bitstream/handle/5014/3727/Conf_Tehnol_2018_pg243_244.pdf?sequence=1&isAllowed=y

5.2.3. POPESCU, L., GHENDOV-MOŞANU, A., **SAVCENCO, A.,** BAERLE, A., TATAROV, P. Color stability of yogurt with natural dye obtained from safflower (*Carthamus tinctorius* L.). In: *Conferința Intelligent Valorisation of Agro-Food Industrial Wastes*, 2021, Chişinău, Republica Moldova, pp. 49. ISBN 978-9975-3464-2-9. Disponibil: https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/140465

5.3. teze în lucrările conferințelor științifice naționale -3

5.3.1. **SAVCENCO, A.,** LAICO, V. Coloranții chalconici din sofrănel pentru corecția culorii produselor alimentare. In: *Conferința tehnico – științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor*, 2021, Chişinău, Republica Moldova, pp. 444-445. Disponibil: https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/134045 **(Diploma de gradul III)**

5.3.2. **SAVCENCO, A.,** BAERLE, N., SANDU, I., BAERLE, V. Unusual pH – behavior of safflower extract. In: *Conferința tehnico – științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor*, 2019, Chişinău, Republica Moldova, pp. 514. ISBN 978-9975-45-588-6. Disponibil: https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/98847 **(Diploma de gradul II)**

5.3.3. **САВЧЕНКО, А.,** БАЕРЛЕ, А., ТАТАРОВ, П., ИВАНОВА, Р. Экстракция биологически активных веществ из лепестков сафлора красильного In: *Conferința tehnico – științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor*, Ed. Volumul II, 2017, Chişinău: Universitatea Tehnică a Moldovei, 2017, pp. 40-41. ISBN 978-9975-45-545-9 Disponibil: https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/169276

- POPESCU, L., **SAVCENCO, A.,** BAERLE, A., TATAROV, P., GHENDOV-MOŞANU, A., STURZA, R., PATRAŞ, A. Procedeu de fabricare a iaurtului. The 7th Innovation and Creative Education Fair for Youth ICE-USV, 2023. **Medalia de Bronz.**
- **SAVCENCO, A.,** BAERLE, A., TATAROV, P., IVANOVA, R. Process for obtaining red dye carthamin in powder form. The 25th International exhibition of inventions, INVENTICA, Iasi, Romania, 2021, pp. 249. ISSN 1844-7880. **Medalia de Argint.** Disponibil:

<https://ini.tuiasi.ro/exhibition/wpcontent/uploads/sites/5/2021/06/Volum%20INVENTICA%202021.pdf>

- **SAVCENCO, A., BAERLE, A., TATAROV, P., IVANOVA R.** Process for producing dyes from Safflower petals (*Carthamus tinctorius* L.). European Exhibition of Creativity and Innovation: proceed. of the 13th edition EUROINVENT, Iasi, Romania, 2021, pp. 170. ISSN 2601-4564. **Medalia de Aur.** Disponibil: http://repository.utm.md/bitstream/handle/5014/20356/Exb_EUROINVENT_2021_p170_Md18.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- **SAVCENCO, A., BAERLE, A., TATAROV, P., IVANOVA, R.** Process for producing dyes from Safflower petals (*Carthamus tinctorius* L.). Expoziția Internațională Specializată INFOINVENT, Chișinău, Republica Moldova, 2021, pp. 63. **Medalia de bronz.** Disponibil: <https://infoinvent.md/assets/files/catalog/catalog-2021.pdf>
- **SAVCENCO, A.** Elaborarea tehnologiei de obținere a colorantului galben alimentae din petale de șofrănel. International fair of innovation and creative education for youth, ICE - USV, 5th Edition, Suceava, România, 2021, pp. 14-15. ISBN 978-606-8992-18-1. **Medalia de Bronz.** Disponibil: <https://utm.md/wp-content/uploads/2021/05/ICE-USV2021-volum.pdf>
- **SAVCENCO A., BAERLE, A., TATAROV, P., IVANOVA, R.** Method for isolating of red and yellow dyes from safflower. Salonul Internațional al Cercetării Științifice, Inovării și Inventicii PRO INVENT, ediția a XVIII-a, Cluj-Napoca, România, 2020. ISBN 978-606-737-480-3. **Diploma de Excelență, Medalia de Aur și premiul "Augustin Maior,,.** Disponibil: <https://proinvent.utcluj.ro/img/catalogs/2020.pdf>
- **POPESCU, L., SAVCENCO, A., BAERLE, A., TATAROV, P., GHENDOV-MOȘANU, A., STURZA, R., PATRAȘ, A.** Process for produsing yogurt. Salonul Internațional al Cercetării Științifice, Inovării și Inventicii PRO INVENT, ediția a XX-a, Cluj-Napoca, România, 2022. ISSN 2810 – 2789. **Medalia de Aur și Diploma de Apreciere de la Ministerul Sănătății al Republicii Moldova, Agenția Națională pentru Sănătate Publică.** Disponibil: <https://proinvent.utcluj.ro/img/catalogs/2022.pdf>

ADNOTARE

Savcenca Alexandra: “Obținerea și utilizarea coloranților naturali din petale de șofrănel (*Carthamus tinctorius* L.)” în tehnologia produselor alimentare, teza de doctor în științe inginerești, Chișinău, 2024.

Structura tezei: teza constă din introducere, cinci capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografie (157 titluri), 8 anexe. Textul de bază a tezei conține 134 pagini, inclusiv 64 figuri, 30 tabele. Rezultatele obținute au fost publicate în două capitole în monografie colectivă, 10 lucrări științifice, dintre care un articol în revista cu IF 6, 317, trei în revista B⁺ și un articol în culegeri științifice a conferinței internaționale. Au fost publicate 3 brevete de invenție.

Cuvinte cheie: petale de șofrănel, extracția, sistem tehnologic de producție a coloranților, colorant galben (YFDS), colorant roșu (cartamina), complex cartamina-celuloză (CCC).

Scopul lucrării constă în conceptualizarea și fundamentarea științifică a tehnologiei de extracție și stabilizare a coloranților alimentari calconece de culoare galbenă și colorantului nou de culoare roșie, obținute din petale de șofrănel și aplicarea lor în fabricarea produselor alimentare.

Obiectivele cercetării: analiza structurii și compoziției chimice ale petalelor de șofrănel, realizarea cercetărilor teoretice și experimentale a mecanismului procesului de extracție și stabilizare a pigmentilor; elaborarea sistemului tehnologic de producție a coloranților galben și roșu; determinarea proprietăților funcționale și tehnologice ale coloranților galben și roșu; aplicarea coloranților alimentari obținuți în fabricarea produselor alimentare.

Noutatea și originalitatea științifică: pentru prima dată a fost elaborat și realizat procedeul de obținere a coloranților naturali calconece din petale de șofrănel, rentabil din punct de vedere economic. În premieră a fost elaborată tehnologia de fabricație a coloranților de culoare galbenă și roșie din același lot de petale. Au fost determinate metodele de stabilizare și proprietățile tehnologice ale coloranților, care permit încorporarea lor în diferite compoziții alimentare.

Rezultatele obținute în soluționarea problemei științifice: modelele matematice elaborate ale modificării concentrației pigmentilor în procesul de extracție și a determinării duratei optime de extracție rezolvă problema obținerii coloranților calconece pe scară industrială. Stabilirea mecanismului de formare a complexului CCC contribuie la determinarea condițiilor de utilizare a colorantului roșu natural în industria alimentară.

Semnificația teoretică: constă în identificarea pigmentilor calconece din petale de șofrănel, determinarea structurii chimice și a proprietăților fizico-chimice ale moleculelor pigmentilor de culoare galbenă și roșie, elucidarea mecanismului de stabilizare a cartaminei prin formarea complexului cartamina-celuloză.

Valoarea aplicativă: s-a elaborat sistemul tehnologic de producție a coloranților calconece galben și roșu din petale de șofrănel. Randamentul liniei tehnologice de fabricație a coloranților constituie peste 80%. Valoarea aplicativă a fost confirmată prin obținerea a 3 brevete de invenție a Republicii Moldova.

Implementarea rezultatelor științifice: s-a demonstrat eficacitatea aplicării coloranților calconece alimentari galben (YFDS) și roșu (CCC) în obținerea produselor zaharoase și iaurtului cu stabilitate înaltă a culorii pe durata depozitării.

АННОТАЦИЯ

Савченко Александра: “Получение и использование натуральных красителей из лепестков сафлора красильного (*Carthamus tinctorius* L.) в технологии пищевых продуктов”, диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук, Кишинэу, 2024.

Структура диссертации: диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов и рекомендаций, библиографии (из 157 наименований), 8 приложений. Основной текст диссертации содержит 134 страницы, в том числе 64 рисунка, 30 таблиц. Полученные результаты опубликованы в двух главах коллективной монографии, 10 научных статьях, из них одна статья в журнале „Food and Functions” с ISI IF 6,317, три в журнале В+ и одна статья в научном сборнике международной конференции. Опубликовано 3 патента на изобретения.

Ключевые слова: лепестки сафлора красильного, экстракция, технологическая система производства красителей, желтый краситель (YFDS), красный краситель (картамин), картамино-целлюлозный комплекс (ССС).

Цель работы: разработка научной концепции и детальное обоснование этапов технологии экстракции и стабилизации пищевых хальконовых красителей желтого и красного цвета из лепестков сафлора красильного (*Carthamus tinctorius* L.) и их применения при производстве пищевых продуктов.

Задачи исследования: анализ структуры и химического состава лепестков сафлора, проведение теоретических и экспериментальных исследований механизма экстракции и стабилизации полученных пигментов; разработка технологической системы производства желтого и красного красителей; определение функционально-технологических свойств желтых и красных красителей; использование полученных красителей при производстве пищевых продуктов.

Научная новизна и оригинальность: впервые разработана технология получения желтого и красного красителей из одной партии лепестков. Установлены способы стабилизации и технологические свойства красителей, позволяющие использовать их формы и оптимальные концентрации в различных пищевых композициях.

Результаты, полученные при решении научной задачи: разработанные математические уравнения изменения концентрации пигментов в процессе экстракции и определения оптимального времени проведения процесса экстракции, решают задачу энергоэффективного получения хальконовых красителей в промышленных масштабах.

Теоретическая значимость: заключается в идентификации хальконовых пигментов из лепестков сафлора красильного, определении химического строения и физико – химических свойств молекул желтых и красных пигментов, выяснении механизма стабилизации картамина в фазе биополимера.

Практическая значимость работы: разработана технологическая система производства хальконовых красителей желтого и красного цвета из лепестков сафлора красильного. Выход технологической линии по производству красителей составляет более 80%. Прикладная ценность подтверждена выдачей 3-х патентов на изобретения Республики Молдова.

Внедрение научных результатов: показана эффективность применения хальконовых пищевых красителей желтого (YFDS) и красного (ССС) при получении карамели и йогурта с высокой стабильностью цвета при хранении.

ABSTRACT

Savenco Alexandra: “Obtaining and using natural dyes from safflower petals (*Carthamus tinctorius* L.) in food technology”, PhD Thesis in engineering sciences, Chişinău, 2024.

Structure of the thesis: introduction, five chapters, general conclusions and recommendations, bibliography (157 titles), 8 appendices. The main text of the dissertation contains 134 pages, including 64 figures, 30 tables. The results obtained were published in two chapters of a collective monograph, 10 scientific articles, one article was published in a journal „Food and Functions” with an ISI IF of 6,317, three articles were published in the B+ journal and one article in a scientific collection of republican conferences. Three patents for inventions have been published.

Keywords: safflower petals, extraction, technological dye production system, yellow food dye (YFDS), red dye (carthamine), carthamine-cellulose complex (CCC).

Purpose: consist in to develop the concept and scientific substantiation of the technology for extraction and stabilization of yellow and red food chalcone dyes from safflower petals (*Carthamus tinctorius* L.) and their use in food production.

Objectives: structure and chemical composition analysis of the safflower petals, theoretical and experimental studies of the extraction and stabilization mechanism for the resulting pigments; development of a technological system for the production of yellow and red dyes; determination of functional and technological properties of yellow and red dyes; use of the obtained dyes in food production.

Scientific novelty and originality: for the first time, a technology for producing yellow and red dyes from one batch of petals has been developed. Methods of stabilization and technological properties of dyes have been established, allowing their use in various food compositions.

The results obtained when solving a scientific problem: the developed mathematical equations for changing the concentration of pigments during the extraction process and determining the optimal time for the extraction process contribute to solve the problem of producing chalcone dyes on an industrial scale.

Theoretical significance: consist in the identification of chalcone pigments from safflower petals, determination of the chemical structure and physicochemical properties of the molecules of yellow and red pigments, elucidation of the mechanism of carthamine stabilization due to the formation of a carthamine-cellulose complex.

Applicative value: a technological system has been developed for the production of yellow and red chalcone dyes from safflower petals. The yield of the dye production line is more than 80%. The applied value is confirmed by the receipt of 3 patents for inventions of the Republic of Moldova.

Implementation of scientific results: demonstrated the effectiveness of using chalcone food dyes: yellow (YFDS) and new red (CCC) in producing of caramel and yogurt, both with high color stability during storage, was demonstrated.

SAVCENCO ALEXANDRA

**OBȚINEREA ȘI UTILIZAREA COLORANȚILOR DIN PETALE DE
ȘOFRĂNEL (*Carthamus tinctorius* L.) ÎN TEHNOLOGIA PRODUSELOR
ALIMENTARE**

253. 06. Tehnologii biologice și chimice în industria alimentară

Rezumatul tezei de doctor în științe inginerești

Aprobat spre tipar 23.04.2024

Formatul hârtiei: 60x84 1/16

Hârtie ofset. Tipar RISO

Tiraj 50 ex

Coli de tipar 2,25

Comanda nr. 58

MD-2004, Chișinău, bd. Ștefan cel Mare și Sfint, 168. UTM
MD-2045, Chișinău, str. Studenților 9/9. Editura "Tehnica-UTM"