

Raport științific final proiect PN-III-P1-1.1-PD-2021-0290 cu titlul Extracția și caracterizarea fizico-chimică a pectinei din subproduse din industria zahărului și utilizarea în paste fără gluten

Obiectivele proiectului

Proiectul a urmărit stabilirea celei mai bune metode de pretratare a materialului vegetal înainte de extracție, studierea și optimizarea extracției pectinei din tăiței de sfeclă de zahăr prin tehnici de extracție convenționale și neconvenționale (extracție cu microunde și extracție cu ultrasunete în puls) cu scopul de a caracteriza pectina extrasă din această sursă vegetală din punctul de vedere al proprietăților fizico-chimice (conținut de acid galacturonic, compoziția de monoglucide neutre, gradul de metilare și acetilare, masa moleculară și stabilitatea termică) și să investigheze efectele încorporării acestei pectine în paste făinoase fără gluten. Tăiței de sfeclă de zahăr utilizați ca sursă de pectină sunt un produs secundar rezultat din procesul tehnologic de fabricare a zahărului într-o unitate de procesare de capacitate mare din regiunea de nord-est a României.

Obiectivele specifice ale proiectului au fost, după cum urmează:

(O1) Selectarea condițiilor de extracție și investigarea influenței parametrilor de extracție asupra rezultatului procesului

(O2) Optimizarea condițiilor de extracție pentru extracția convențională, extracția cu microunde și extracția cu ultrasunete în puls

(O3) Caracterizarea pectinei extrase prin metode convenționale și neconvenționale din tăiței de sfeclă de zahăr

(O4) Selectarea celui mai bun raport făină fără gluten:pectină pentru obținerea pastelor făinoase fără gluten

(O5) Investigarea efectelor încorporării pectinei asupra parametrilor de calitate ai pastelor făinoase fără gluten.

Activități specifice etapelor proiectului și rezultate obținute

Etapă 1. Studiul pretratamentului aplicat tăițelilor de sfeclă de zahăr și investigarea condițiilor de extracție a pectinei din această materie vegetală

În cadrul acestei etape s-a investigat aplicarea diferitelor pretratamente (uscare și liofilizare) și metode de extracție (tehnici convenționale și neconvenționale) în vederea obținerii pectinei din tăiței de sfeclă de zahăr. Aceasta reprezintă prima utilizare ca sursă de pectină a tăițelilor de sfeclă de zahăr rezultați din tehnologia de obținere a zahărului în regiunea de nord-est a României. Influența pretratamentului aplicat și a metodei de extracție a fost evaluată pe baza randamentului de pectină și a conținutului de acid galacturonic al pectinei.

Activitatea 1.1. Pretratamentul aplicat tăițelilor de sfeclă de zahăr

Activitatea a presupus investigarea efectului pretratamentului prin uscare al tăițelilor de sfeclă de zahăr, a pretratamentului prin liofilizare al tăițelilor de sfeclă de zahăr, precum și alegerea celei mai bune metode de pretratare a tăițelilor de sfeclă de zahăr pe baza randamentului de extracție și a conținutului de acid galacturonic al pectinei extrase.

Modul de realizare a pretratamentelor și metode de analiză

Pretratamentul prin uscare a fost realizat într-o etuvă cu ventilație la temperatura de 60 °C, timp de aproximativ 7 ore. În cazul pretratamentului prin liofilizare condițiile de lucru au fost următoarele: -50 °C, 10 Pa și timp de 12 ore. După pretratament, materialul vegetal a fost măcinat pentru a studia simultan și influența dimensiunii particulelor, considerând pentru aceasta

intervalele 200-300 μm , 125-200 μm și <125 μm . Pentru extracția pectinei s-a utilizat acid clorhidric sau acid citric pentru atingerea unui pH de 1,5 al soluției de extracție, s-a optat pentru un raport solid-lichid de 1:15 g/ml, iar procesul de extracție a avut loc la temperatura de 90 $^{\circ}\text{C}$, timp de 120 minute.

Randamentul de pectină a fost determinat în triplicat folosind formula:

$$\text{Randament de pectină (\%)} = \frac{m_0}{m} \times 100,$$

unde: m_0 – masa de pectină uscată, în g;

m – masa de tăiței de sfeclă de zahăr pretratați utilizată pentru extracție, în g.

Conținutul de acid galacturonic al pectinei a fost determinat în triplicat prin metoda cu reactiv sulfamat/*m*-hidroxidifenil dezvoltată de către Filisetti-Cozzi et al. (Melton & Smith, 2001). Pentru determinări s-a folosit spectrofotometrul UV-3600 Plus UV-Vis-NIR (Shimadzu Corporation, Japonia).

Rezultate și discuții

Probele de pectină obținute în cadrul studiului asupra influenței pretratamentului aplicat tăițelor de sfeclă de zahăr, acidului utilizat în extracție și dimensiunii particulelor materialului vegetal sunt prezentate în figura 1.1.



Figura 1.1. Probele de pectină obținute (Dranca & Mironeasa, 2024b)

Rezultatele obținute pentru randamentul de pectină și conținutul de acid galacturonic al pectinei, în funcție de pretratament, acidul utilizat în extracție și de dimensiunea particulelor, sunt prezentate în tabelul 1.1.

Tabel 1.1. Influența pretratamentului, tipului de acid și dimensiunii particulelor asupra extracției pectinei

Probă	Tip de pretratament al materialului vegetal	Acid utilizat în extracție	Dimensiunea particulelor materialului vegetal	Randament de extracție, %	Conținut de acid galacturonic, g/100g
L-CA	liofilizare	acid citric	-	11,56	83,58
L-HA	liofilizare	acid clorhidric	-	5,42	80,33
HD-CA	uscare	acid citric	-	10,29	92,40
HD-HA	uscare	acid clorhidric	-	5,27	89,42
L-1	liofilizare	acid citric	<125 μm	12,48	64,18
L-2	liofilizare	acid citric	125-200 μm	15,31	71,60
L-3	liofilizare	acid citric	200-300 μm	9,74	68,44
HD-1	uscare	acid citric	<125 μm	10,59	81,71
HD-2	uscare	acid citric	125-200 μm	16,20	91,19
HD-3	uscare	acid citric	200-300 μm	9,59	79,81

Cu toate că pretratamentul prin uscare duce la obținerea unui randament de extracție ușor mai redus în comparație cu pretratamentul prin liofilizare, conținutul de acid galacturonic determinat în pectina extrasă din materialul vegetal pretratată prin uscare este mai ridicat și astfel pectina prezintă o puritate mai mare. După cum se observă din tabelul 1.1, rezultate mai bune au fost obținute în cazul utilizării acidului citric, ceea ce demonstrează că acest acid este o alternativă eficientă pentru acizii minerali utilizați în procesul industrial de extracție a pectinei. În ceea ce privește influența dimensiunii particulelor, s-a observat că un randament ridicat de extracție și un conținut ridicat de acid galacturonic în pectina extrasă se obține atunci când se utilizează tăiței de sfeclă de zahăr cu dimensiuni ale particulelor de 125-200 μm.

Concluzii

Având în vedere randamentul mare de pectină extrasă din tăiței de sfeclă de zahăr, se poate concluziona că acest material vegetal este o sursă viabilă de pectină. Ambele pretratamente aplicate materialului vegetal înainte de extracția pectinei au avut o influență pozitivă asupra recuperării pectinei. Cele mai bune rezultate (randament de extracție și conținut de acid galacturonic al pectinei) au fost obținute pentru pretratamentul prin uscare, atunci când s-a folosit pentru extracție acid citric și material vegetal cu dimensiuni ale particulelor de 125-200 μm.

Activitatea 1.2. Selectarea condițiilor de extracție și investigarea influenței parametrilor de extracție asupra rezultatului procesului

Această activitate a implicat selectarea condițiilor pentru diferite metode de extracție și investigarea influenței acestora asupra randamentului în pectină și a conținutului de acid galacturonic: extracția cu acid citric (raportul solid-lichid, pH-ul, temperatura și timpul de extracție), extracția cu microunde (puterea microundelor, raportul solid-lichid, pH-ul și timpul de expunere) și extracția cu ultrasunete în puls (amplitudinea ultrasunetelor, raportul solid-lichid, pH-ul, temperatura și timpul de extracție).

În acest studiu s-a urmărit realizarea extracției convenționale cu acid citric a pectinei din tăiței de sfeclă de zahăr în condiții care prezintă interes pentru aplicarea procesului la nivel industrial. Mai mult, metoda convențională de extracție a fost comparată cu două metode neconvenționale de extracție și anume extracția cu microunde și extracția cu ultrasunete în puls. Având în vedere tendința actuală de dezvoltare a producției și utilizării pectinei la nivel mondial, rezultatele acestui studiu au oferit informații privind modificările cantitative și în compoziția pectinei în funcție de condițiile de extracție.

Procedură de extracție și metode de analiză

Extracția convențională cu acid citric a fost realizată la temperaturi cuprinse între 80 și 100 °C, pH cuprins între 1 și 2, raport solid-lichid între 1:10 și 1:20 g/ml și timp de extracție care a fost variat între 60 și 180 minute. În cazul extracției cu microunde a fost variată puterea microundelor (280-560 W), pH-ul (1-2), raportul solid-lichid (1:10-1:20 g/ml) și timpul de extracție (30-90 secunde). Pentru extracția cu ultrasunete în puls s-a utilizat o baie cu ultrasunete (temperatura de 60 °C) și a implicat varierea amplitudinii ultrasunetelor (60-100%), pH-ului (1-2), raportului solid-lichid (1:10-1:20 g/ml) și timpului de extracție (20-60 minute). Procesul general de extracție, precipitare și purificare a pectinei este prezentat grafic în figura 1.2.

Determinarea randamentului de extracție și a conținutului de acid galacturonic al pectinei a fost realizată prin metodele prezentate pentru activitatea 1.1.

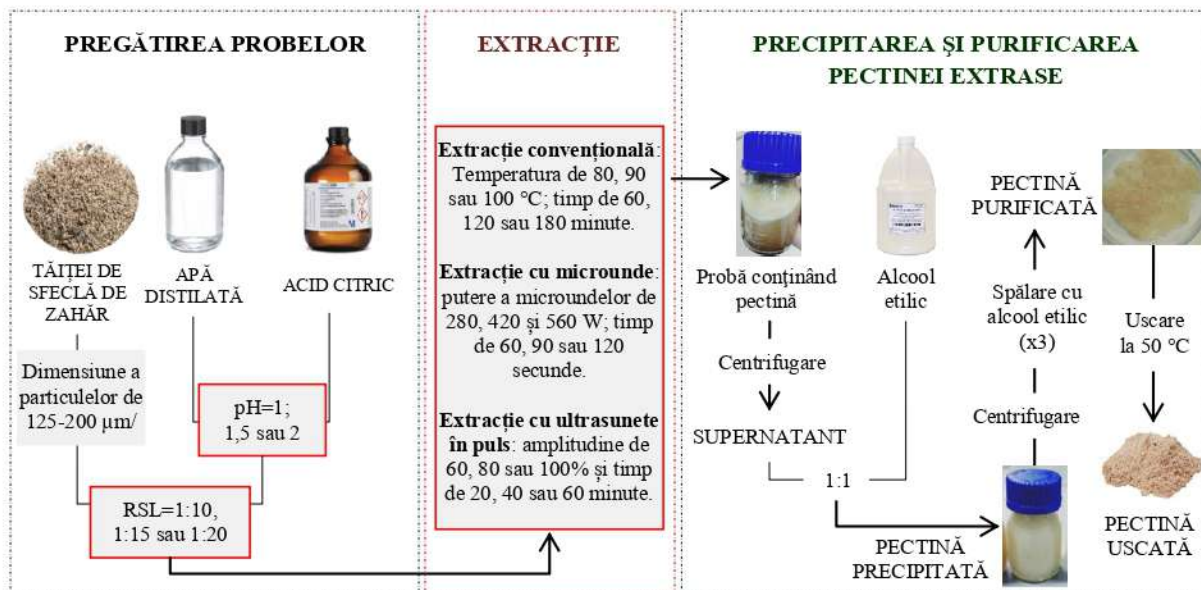


Figura 1.2. Reprezentare schematică a procedurii generale de extracție în studiul asupra influenței metodei de extracție; parametrii marcați cu chenar roșu reprezintă condițiile de extracție variate în cadrul procesului; RSL – raport solid-lichid

Rezultate și discuții

Rezultatele obținute pentru randamentul de pectină și conținutul de acid galacturonic al pectinei, în funcție de condițiile metodelor de extracție aplicate sunt prezentate în tabelele 1.2-1.4.

În cazul extracției convenționale cu acid citric (tabelul 1.2) se observă că cel mai mare randament de extracție s-a obținut la temperatura de 90 °C, pH 1, raport solid-lichid de 1:15 g/ml și timp de extracție de 120 minute.

Tabel 1.2. Influența condițiilor extracției convenționale cu acid citric asupra randamentului de pectină și conținutului de acid galacturonic

Condiții de extracție	Randament de extracție, %	Conținut de acid galacturonic, g/100g
Temperatură, °C		
80	15,8	63,2
90	19,7	75,4
100	18,7	66,6
pH		
1	19,1	65,1
1,5	18,4	67,4
2	8,3	88,7
Raport solid-lichid, g/ml		
1:10	10,6	76,5
1:15	17,8	78,0
1:20	17,4	83,3
Timp de extracție, min		
60	8,6	78,4
120	21,2	67,5
180	18,1	65,5

În timp ce valori intermediare ale temperaturii, raportului solid-lichid și timpului duc la cele mai bune randamente de extracție, în ceea ce privește influența pH-ului se observă că randamentul scade odată cu creșterea pH-ului de la 1 la 2. Această influență a pH-ului a fost observată și în cazul extracției pectinei din alte materiale vegetale și se explică prin faptul că utilizarea unei soluții de extracție cu pH redus duce la hidroliza fracțiunilor insolubile în pectină solubilă, iar solubilitatea și difuzia acestora din materialul vegetal în soluția de extracție sunt îmbunătățite prin creșterea temperaturii și a timpului de extracție (Jafari et al., 2017). De cealaltă parte, conținutul de acid galacturonic în pectina extrasă este mai ridicat la valori ale pH-ului de 2, raport solid-lichid de 1:20 g/ml și timp de extracție de 60 minute, ceea ce arată că un mediu puternic acid și un timp de extracție mare duc la obținerea unei pectine cu puritate mai redusă.

Pentru extracția pectinei cu microunde (tabelul 1.3) s-a observat că valori intermediare ale parametrilor puterea microundelor și pH (420 W și pH de 1,5) au dus la obținerea celor mai mari randamente de extracție. De cealaltă parte, randamentul de pectină a crescut odată cu creșterea raportului solid-lichid și a timpului de extracție confirmând concluzia unor studii precedente care au arătat că un raport solid-lichid redus duce la o extracție incompletă a pectinei (Lefsih et al., 2017). Pentru conținutul de acid galacturonic s-au obținut cele mai ridicate valori la cea mai mare putere a microundelor (560 W) și cel mai ridicat pH, însă la valori intermediare ale raportului solid-lichid (1:15 g/ml) și timpului de extracție (90 secunde).

Tabel 1.3. Influența condițiilor extracției cu microunde asupra randamentului de pectină și conținutului de acid galacturonic

Condiții de extracție	Randament de extracție, %	Conținut de acid galacturonic, g/100g
Puterea microundelor, W		
280	3,4	67,2
420	5,4	74,6
560	4,5	77,5
pH		
1	3,3	66,7
1,5	5,4	72,8
2	2,6	75,7
Raport solid-lichid, g/ml		
1:10	3,2	71,7
1:15	3,8	78,0
1:20	8,2	73,5
Timp de extracție, s		
60	2,7	64,5
90	2,9	79,0
120	10,1	75,3

După cum datele din tabelul 1.4 arată, cel mai redus randament de extracție a pectinei din tăiței de sfeclă de zahăr s-a obținut prin aplicarea tratamentului cu ultrasunete în puls. Obținerea unui randament mai mic de extracție, în comparație cu randamentele maxime ale metodei convenționale de extracție și ale extracției cu microunde, poate fi atribuită, pe de o parte, puterii maxime de lucru a băii cu ultrasunete (200 W), care este mai mică în raport cu alte echipamente utilizate pentru acest tip de extracție (450 W și 800 W) și, pe de altă parte, absenței tratamentului termic la temperaturi de peste 60 °C. În ceea ce privește influența condițiilor de extracție, creșterea amplitudinii ultrasunetelor și cea a raportului solid-lichid au avut o influență pozitivă asupra extracției pectinei. De asemenea, în pectina extrasă conținutul de acid galacturonic a fost mai ridicat atunci când pH-ul, raportul solid-lichid și timpul de extracție au avut cele mai mari valori.

Tabel 1.4. Influența condițiilor extracției cu ultrasunete în puls asupra randamentului de pectină și conținutului de acid galacturonic

Condiții de extracție	Randament de extracție, %	Conținut de acid galacturonic, g/100g
Amplitudine, %		
60	2,1	63,4
80	2,4	84,3
100	2,7	78,5
pH		
1	3,0	69,3
1,5	3,7	70,2
2	2,6	74,7
Raport solid-lichid, g/ml		
1:10	1,5	60,7
1:15	2,8	73,3
1:20	3,9	80,2
Timp de extracție, min		
20	2,4	68,4
40	2,9	71,8
60	2,2	98,7

Concluzii

Aplicarea metodelor neconvenționale de extracție (extracție cu microunde și extracție cu ultrasunete în puls) a pectinei a avut ca scop obținerea unor rezultate comparabile cu cele ale extracției convenționale cu acid citric. Pentru toate metodele aplicate, valorile determinate pentru conținutul de acid galacturonic au fost comparabile. De cealaltă parte, diferențe mari în funcție de metoda de extracție au fost observate pentru randamentul de pectină. În funcție de randamentul maxim rezultat prin fiecare metodă de extracție aplicată pentru obținerea pectinei, metodele se succed ca eficiență astfel: extracție convențională cu acid citric, extracție cu microunde și extracție cu ultrasunete în puls.

Rezultate obținute: Raport privind condițiile procesului de uscare și ale tratamentului de liofilizare aplicat tăițelilor de sfeclă de zahăr, eficiența metodei de pretratare determinată pe baza pierderilor de pectină, condițiile și rezultatul extracției cu acid citric a pectinei din tăițelii de sfeclă de zahăr, condițiile și rezultatul tehnicilor neconvenționale aplicate pentru extracția pectinei din tăițelii de sfeclă de zahăr. Diseminarea rezultatelor cercetărilor s-a realizat prin participarea la European Biotechnology Congress, manifestare științifică care s-a desfășurat în Praga, Republica Cehă, în perioada 5-7 octombrie 2022, cu lucrarea (tip poster) "Pectin extraction from sugar beet flakes: study of the pretreatment of plant material and influence of the extraction agent", autori Florina Dranca și Silvia Mironeasa.

Etapă 2 - Optimizarea extracției, caracterizarea fizico-chimică a pectinei obținute din tăițelii de sfeclă de zahăr și studii preliminare asupra încorporării acesteia în paste făinoase fără gluten

În cadrul acestei etape s-au studiat și optimizat condițiile de extracție a pectinei din tăițelii de sfeclă de zahăr prin tehnica convențională de extracție cu acid citric și tehnici neconvenționale de extracție (extracția cu microunde și extracția cu ultrasunete în puls). Optimizarea și validarea condițiilor de extracție a condus ulterior la studierea proprietăților

fizico-chimice ale pectinei. Considerând proprietățile fizico-chimice ale probelor, pectina extrasă din tăiței de sfeclă de zahăr a fost utilizată la dezvoltarea de noi produse alimentare prin încorporarea acesteia în compoziția pastelor făinoase fără gluten. S-a avut în vedere stabilirea proporției optime de făină fără gluten:pectină pentru prepararea pastelor făinoase cu pectină din tăiței de sfeclă de zahăr și influența utilizării pectinei asupra proprietăților aluatului, respectiv ale pastelor făinoase fără gluten.

Activitatea 2.1. Optimizarea condițiilor de extracție pentru metoda convențională de extracție cu acid citric, extracția cu microunde și extracția cu ultrasunete în puls

În cadrul acestei activități, pentru optimizarea efectului variabilelor independente, reprezentate de condițiile de extracție, asupra variabilelor dependente (randament de extracție și conținut de acid galacturonic) s-a utilizat un model experimental factorial Box-Behnken și metodologia suprafeței de răspuns. Variabilele independente ale modelului au fost, după cum urmează: pentru extracția cu acid citric – raportul solid-lichid, pH-ul, temperatura și timpul de extracție, pentru extracția cu microunde – puterea microundelor, raportul solid-lichid, pH-ul și timpul de expunere, iar pentru extracția cu ultrasunete în puls – amplitudinea ultrasunetelor, raportul solid-lichid, pH-ul și timpul de extracție.

Procedura de extracție și proiectarea experimentelor

Extracția pectinei s-a realizat conform procedurii prezentate la activitatea 1.2. Fiecare extracție a fost efectuată prin aplicarea unui model experimental factorial Box-Behnken, care a fost elaborat astfel încât să cuprindă 4 parametri de extracție: pentru extracția convențională – temperatură, pH, raport solid-lichid și timp; extracția cu microunde – puterea microundelor, pH, raport solid-lichid și timp; extracția cu ultrasunete în puls – amplitudinea ultrasunetelor, pH, raport solid-lichid și timp. Acești parametri, considerați variabilele independente ale modelului, au fost variați pe 3 nivele. Astfel, modelul experimental Box-Behnken, care prezintă 4 factori și 3 nivele, a cuprins 30 de experimente (extracții) cu 5 repetiții în punctul central (nivelul 0 al variabilelor independente). Ca variabile dependente ale modelului au fost selectate randamentul de extracție și conținutul de acid galacturonic al pectinei.

Proiectarea și reprezentările grafice s-au realizat cu programul Stat-Ease 360 versiune trial (Stat-Ease Inc., Minneapolis, Minnesota, Statele Unite ale Americii).

Determinarea randamentului de extracție și a conținutului de acid galacturonic al pectinei a fost realizată prin metodele prezentate pentru activitatea 1.1.

Rezultate și discuții

Studierea și optimizarea influenței condițiilor de extracție s-a realizat prin utilizarea unui model polinomial de ordin doi (pătratic), selectat pe baza coeficientului de determinare (R^2), care a avut o valoare mai mare în comparație cu cea a modelelor liniar, cubic și 2FI (model al interacțiunii între doi factori), precum și pe baza valorii mici a lui p ($p < 0,05$).

Modelul a generat suprafețe de răspuns, care sunt reprezentări geometrice ale evoluției variabilelor dependente în funcție de cele independente. Suprafețele de răspuns (reprezentări grafice 3D) sunt prezentate în figura 2.1 (extracția convențională cu acid citric), figura 2.2 (extracția cu microunde) și figura 2.3 (extracția cu ultrasunetele în puls).

Rezultatele analizei de varianță (ANOVA) au demonstrat că modelul ales poate explica și prezice cea mai mare parte a variației randamentului de extracție și conținutului de acid galacturonic al pectinei obținute prin aplicarea celor trei metode de extracție.

Condițiile de extracție au fost optimizate astfel încât să rezulte simultan cele mai mari valori pentru randamentul de extracție și conținutul de acid galacturonic al pectinei. În final, fiecare extracție a fost repetată în triplicat în condițiile optime prezise, iar pe baza rezultatelor

similare obținute s-au validat condițiile de extracție generate de designul experimental de tip Box-Behnken.

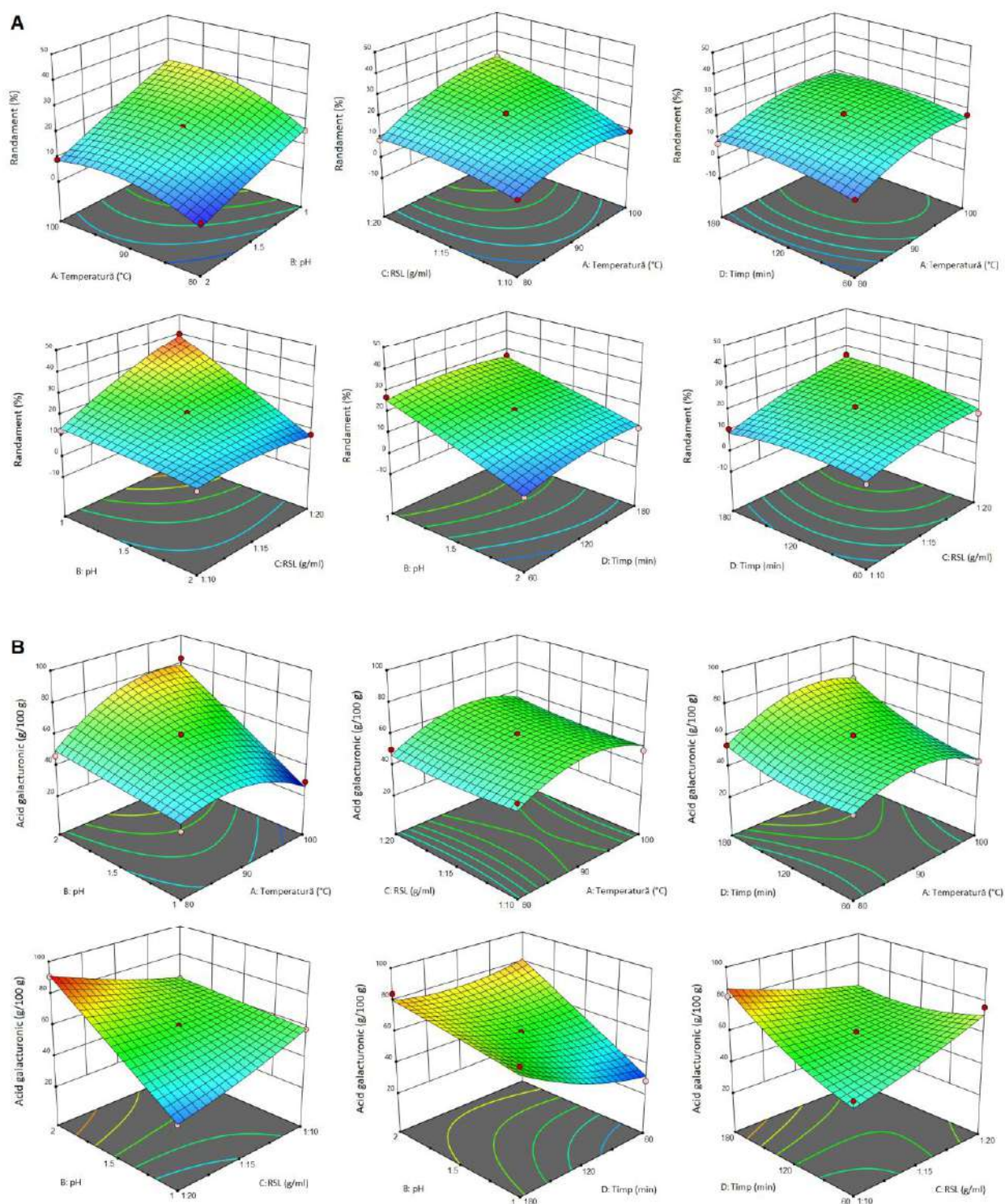


Figura 2.1. Reprezentare grafică 3D (suprafețe de răspuns) a influenței condițiilor de extracție asupra (A) randamentului de extracție și (B) conținutului de acid galacturonic al pectinei obținute din tăiței de sfeclă de zahăr prin metoda convențională de extracție (Dranca & Mironeasa, 2024a)

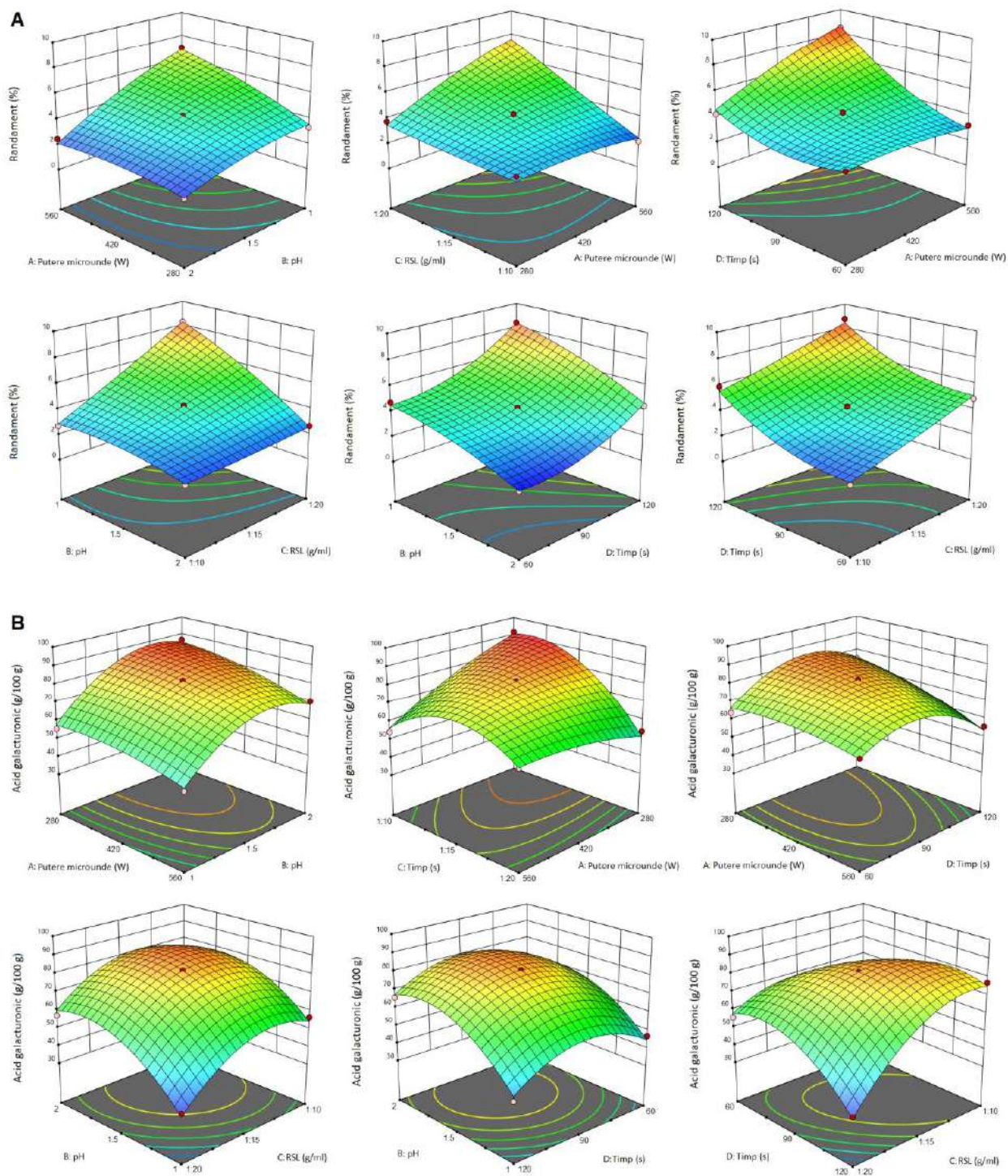


Figura 2.2. Reprezentare grafică 3D (suprafețe de răspuns) a influenței condițiilor de extracție asupra (A) randamentului de extracție și (B) conținutului de acid galacturonic al pectinei obținute din tăiței de sfeclă de zahăr prin extracție cu microunde (Dranca & Mironeasa, 2024a)

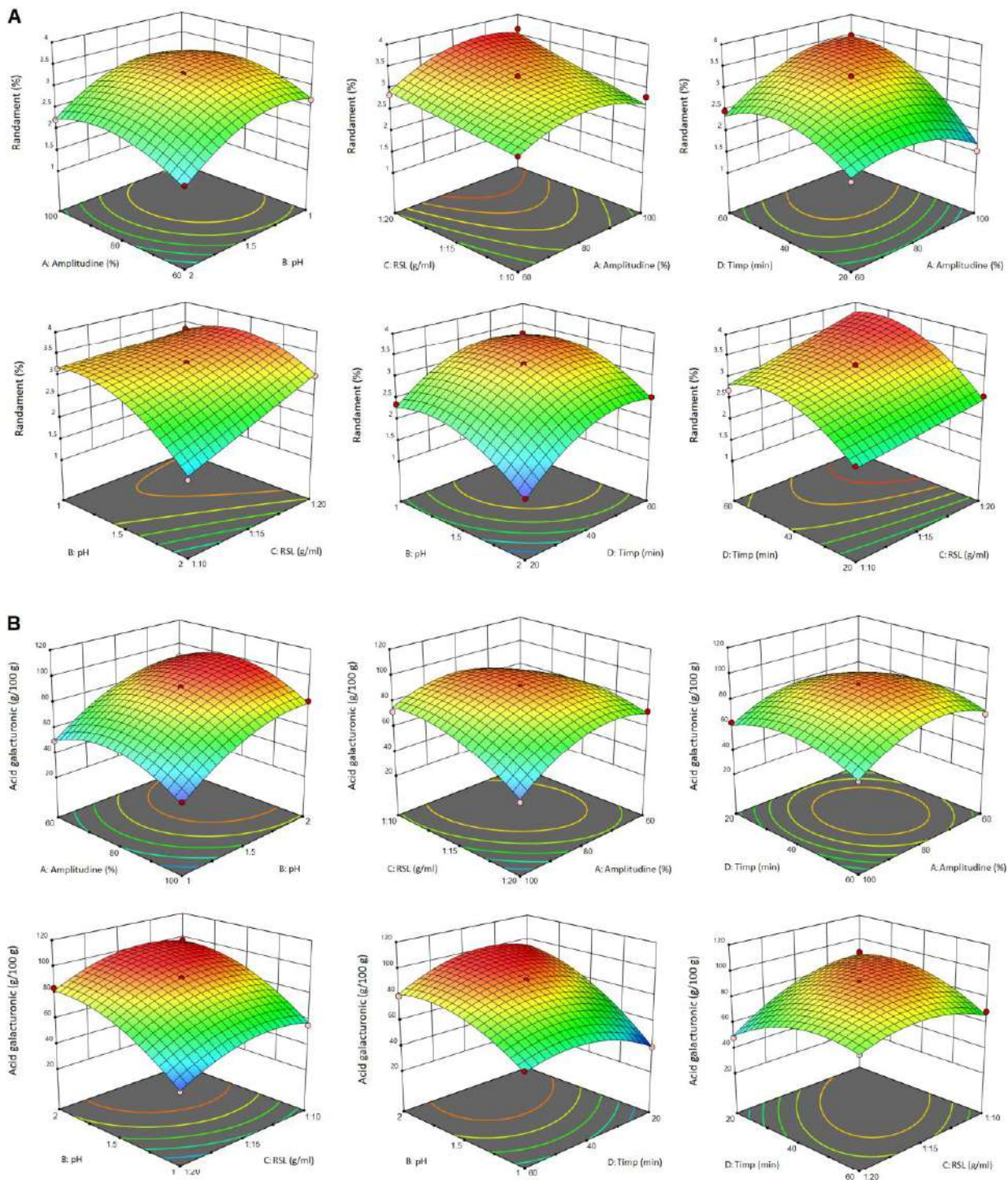


Figura 2.3. Reprezentare grafică 3D (suprafețe de răspuns) a influenței condițiilor de extracție asupra (A) randamentului de extracție și (B) conținutului de acid galacturonic al pectinei obținute din tăiței de sfeclă de zahăr prin extracție cu ultrasunete în puls (Dranca & Mironcusa, 2024a)

Concluzii

Influența condițiilor de extracție (temperatură, pH, raport solid-lichid și timp pentru extracția convențională; puterea microundelor, pH, raport solid-lichid și timp pentru extracția cu microunde; amplitudinea ultrasunetelor, pH, raport solid-lichid și timp pentru extracția cu ultrasunete în puls) asupra randamentului de pectină și conținutului de acid galacturonic a fost

semnificativă. Pectina obținută prin optimizarea condițiilor de extracție a fost evaluată ulterior din punct de vedere a caracteristicilor fizico-chimice.

Activitatea 2.2. Caracterizarea fizico-chimică a pectinei extrase prin metode convenționale și neconvenționale din tăiței de sfeclă de zahăr

În cadrul acestei activități s-a realizat analiza fizico-chimică a pectinei din tăiței de sfeclă de zahăr prin determinarea conținutului de acid galacturonic prin metoda spectrofotometrică, a compoziției de monoglucide prin metoda cromatografică, gradului de metilare și acetilare al pectinei prin metoda HPLC și a masei moleculare prin HPLC-RID și analiza stabilității termice prin calorimetrie cu scanare diferențială utilizând un calorimetru DSC 25. Pectina din tăiței de sfeclă de zahăr a fost comparată cu pectina comercială din citrice și din mere din punctul de vedere al proprietăților fizico-chimice.

Acidul galacturonic este principalul component structural al pectinei, astfel că determinarea conținutului de acid galacturonic constituie o etapă importantă și esențială a analizei structurii chimice a pectinei. După acidul galacturonic, galactoza, arabinoza, ramnoza, xiloza și manoză sunt monoglucide care pot fi identificate în compoziția pectinei și oferă informații cu privire la componența (regiunea „netedă” a homogalacturonanului și regiunea puternic ramificată a ramnogalacturonanului) și puritatea acesteia. Gradul de metilare și cel de acetilare și masa moleculară sunt parametri cu influență majoră asupra calității pectinei și a aplicațiilor sale în industria alimentară. Aplicațiile pectinei în industria alimentară se stabilesc, de asemenea, pe baza proprietăților termice, care pot fi determinate prin calorimetrie cu scanare diferențială. Nu în ultimul rând, spectroscopia în infraroșu cu transformată Fourier (FT-IR) este o metodă rapidă și utilă de analiză a grupărilor funcționale ale pectinei. Toate aceste metode au fost aplicate în analiza comparativă a proprietăților fizico-chimice ale pectinei extrase din tăiței de sfeclă de zahăr și ale pectinei comerciale din citrice și din mere.

Metode de analiză

Determinarea conținutului de acid galacturonic al pectinei a fost efectuată prin metoda prezentată pentru activitatea 1.1.

Compoziția de monoglucide a fost determinată în triplicat prin metoda HPLC descrisă anterior (Yang et al., 2005), conform unei proceduri care implică hidroliza probelor în monoglucidele componente, formarea unor compuși ai monoglucidelor cu 1-fenil-3-metil-5-pirazolonă și cuantificarea acestor compuși utilizând un sistem HPLC echipat cu o coloană Zorbax Eclipse Plus C18 (150 × 4,6 mm, diametru de 5 μm; Agilent Technologies, California, Statele Unite ale Americii) și cuplat cu un detector UV SPD-M-20A (Shimadzu, Kyoto, Japonia) (Dranca et al., 2021).

Gradul de metilare și de acetilare al pectinei a fost determinat în triplicat printr-o metodă HPLC (Levigne et al., 2002). Cuantificarea a fost realizată cu un sistem HPLC (Shimadzu, Kyoto, Japonia) echipat cu o coloană C18 (250 × 4,6 mm, diametru de 5 μm; Phenomenex, California, Statele Unite ale Americii) și cuplat cu un detector de indice de refracție RID-10A (Shimadzu, Kyoto, Japonia).

Masa moleculară medie a pectinei a fost determinată în triplicat prin cromatografie de excludere utilizând un sistem HPLC echipat cu o coloană Yarra 3μm SEC-2000 (300 × 7,8 mm; Phenomenex, California, Statele Unite ale Americii) cu cartuș de protecție KJ0-4282 SecurityGuard (Phenomenex, California, Statele Unite ale Americii) și cuplat cu un detector de indice de refracție RID-10A (Dranca et al., 2020).

Spectrul FT-IR al probelor de pectină a fost obținut în modul transmisie în domeniul de numere de undă 4000-400 cm⁻¹ și o rezoluție de 4 cm⁻¹.

Analiza termică a fost efectuată în triplicat utilizând tehnica calorimetriei cu scanare diferențială. Proba de pectină a fost cântărită și apoi închisă ermetic într-un creuzet care a fost

introdus în instrumentul de analiză DSC 25 (TA Instruments, Delaware, Statele Unite ale Americii) împreună cu un creuzet gol utilizat ca referință. Măsurătorile au fost efectuate în domeniul de temperatură 0-300 °C, prin încălzire constantă cu 10 °C/minut, folosind azot ca gaz de purjare la un debit de curgere de 20 ml/min.

Rezultate și discuții

Rezultatele obținute pentru conținutul de acid galacturonic al pectinei, compoziția de monoglucide neutre, gradul de metilare și acetilare și masa moleculară sunt prezentate în tabelul 2.1. Metodele de extracție utilizate la obținerea pectinei din tăiței de sfeclă de zahăr au fost codificate, după cum urmează: extracție convențională cu acid citric – EC, extracție cu microunde – EM, extracție cu ultrasunete în puls – EUP. Probele de pectină comercială au fost codificate ca PM – pectină din mere și PC – pectină din citrice.

Tabelul 2.1. Proprietățile fizico-chimice ale pectinei extrase din tăiței de sfeclă de zahăr și a probelor de pectină comercială (Dranca & Mironeasa, 2024a)

	Pectină din tăiței de sfeclă de zahăr			Pectină comercială	
	EC	EM	EUP	PM	PC
Compoziția de monoglucide neutre, mol%					
Acid galacturonic	77,12	70,81	88,53	81,20	85,76
Arabinoză	3,53	4,80	2,09	8,29	7,14
Galactoză	7,36	8,84	4,58	5,21	0,92
Glucoză	0,54	0,31	0,26	0,05	0,41
Manoză	0,77	0,85	0,33	0,91	0,58
Ramnoză	5,16	6,67	2,77	3,70	0,63
Xiloză	1,17	1,20	0,85	1,02	1,36
Grad de metilare, %	70,84	67,36	63,74	77,72	88,90
Grad de acetilare, %	21,90	22,29	22,58	3,14	1,94
Masă moleculară, g/mol	$1,18 \times 10^5$	$3,85 \times 10^5$	$7,40 \times 10^5$	$1,16 \times 10^5$	$1,19 \times 10^5$

Determinarea compoziției în monoglucide a probelor de pectină, pentru care valorile au fost exprimate în mol%, a arătat că după acidul galacturonic, galactoză, ramnoza și arabinoza erau cele mai abundente monoglucide în pectina extrasă din tăiței de sfeclă de zahăr. Astfel, se poate susține că pectina din tăiței de sfeclă de zahăr este formată structural din domeniu homogalacturonan și ramnogalacturonan cu lanțuri laterale neutre care conțin galactani și arabinogalactani. Xiloza, manoză și glucoza au fost, de asemenea, determinate în probe în concentrații scăzute. În timp ce xiloza și glucoza sunt monoglucide neutre care constituie domeniul ramnogalacturonan I din structura pectinei, prezența manozei în probe a sugerat coextracția altor poliglucide odată cu pectina.

Principala diferență între probele de pectină a fost conținutul de acid galacturonic, care a fost mai mare în pectina extrasă cu ultrasunete în puls comparativ cu celelalte două metode de extracție. Toate probele au fost considerate înalt metilate deoarece gradul de metilare a depășit 60%. Masa moleculară a pectinei extrase prin utilizarea microundelor a fost de peste două ori mai mare decât masa moleculară a pectinei extrase prin metoda convențională, în timp ce masa moleculară a pectinei obținute prin extracția cu ultrasunetele în puls a fost de peste patru ori mai mare; acest lucru indică că masa moleculară a pectinei crește ca urmare a aplicării tehnicilor neconvenționale de extracție.

Spectroscopia FT-IR a fost utilizată ca mijloc pentru a evidenția diferențele determinate de metoda de extracție în structura chimică a pectinei. Spectrele FT-IR ale probelor de pectină prezentate în figura 2.4 au arătat că principalele peak-uri specifice spectrului pectinei au fost identificate în toate probele, indiferent de condițiile de extracție.

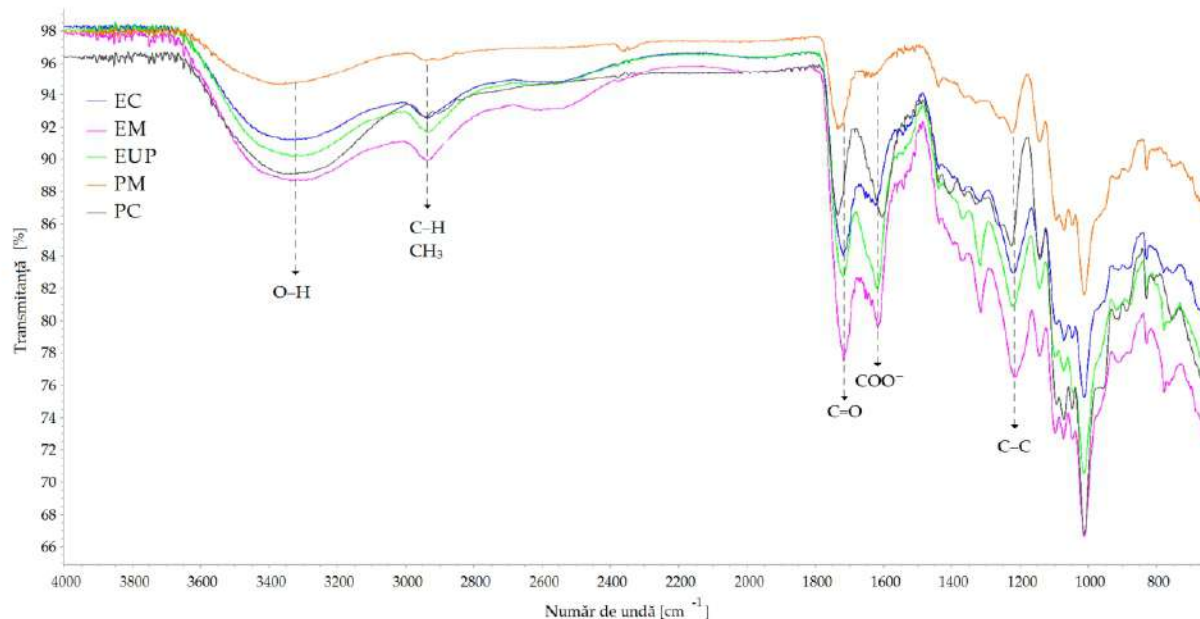


Figura 2.4. Spectre FT-IR ale probelor de pectină extrasă din tăiței de sfeclă de zahăr și a probelor de pectină comercială (Dranca & Mironeasa, 2024a)

Comportamentul termic (figura 2.5) al probelor de pectină din tăiței de sfeclă de zahăr a fost similar, indiferent de metoda de extracție utilizată și a fost comparabil cu cel al pectinei comerciale, ceea ce confirmă faptul că acest tip de pectină este stabil și potrivit pentru aplicații care implică prelucrare termică la temperaturi ridicate.

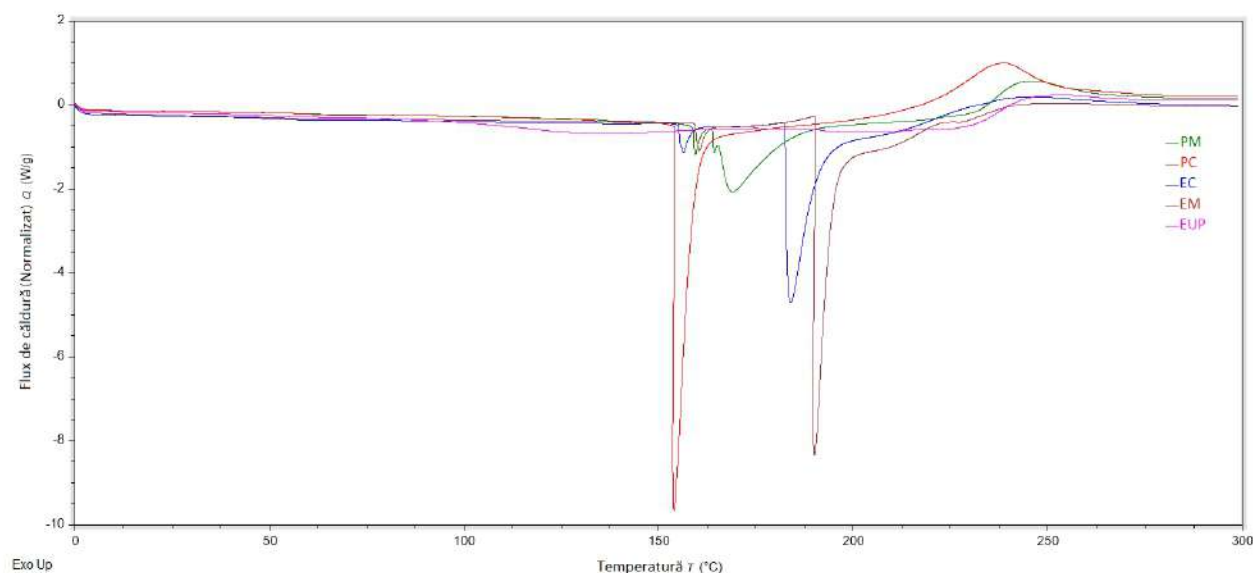


Figura 2.5. Termograme DSC ale probelor de pectină din tăiței de sfeclă de zahăr și ale probelor de pectină comercială (Dranca & Mironeasa, 2024a)

Concluzii

Pectina obținută prin extracție convențională cu acid citric a prezentat conținut de acid galacturonic ridicat, grad de metilare și de acetilare mare și stabilitatea termică ridicată. S-a observat o îmbunătățire pentru masa moleculară determinată de aplicarea metodelor neconvenționale de extracție. În contextul unei piețe comerciale afectată de cererea în creștere,

tăiței de sfeclă de zahăr pot fi considerați o sursă potrivită de pectină, iar valorificarea acestui produs secundar în producția de pectină poate contribui la economia regională.

Activitatea 2.3. Stabilirea celui mai bun raport făină fără gluten:pectină din tăiței de sfeclă de zahăr pentru prepararea pastelor făinoase

Activitatea a implicat selectarea făinii fără gluten și a cantității de pectină utilizată pentru prepararea pastelor făinoase, urmată de determinarea proprietăților reologice ale aluatului – vâscozitate, modul de elasticitate (G') și modul vâscozitate (G'') utilizând un reometru dinamic Thermo HAAKE model MARS 40 și prelucrarea statistică a datelor experimentale pentru evidențierea diferențelor determinate de proporția de pectină adăugată în compoziția aluatului pentru paste făinoase fără gluten; optimizarea raportului făină fără gluten:pectină din tăiței de sfeclă de zahăr; comparație între pastele făinoase fără gluten care conțin pectină din tăiței de sfeclă de zahăr și pastele făinoase fără gluten preparate cu pectină comercială din punctul de vedere al proprietăților reologice ale aluatului și proprietăților termice ale pastelor făinoase.

În ultimele decenii, pastele făinoase fără gluten au fost consumate nu numai de către persoanele diagnosticate cu boală celiacă, dar și de persoanele care doresc să excludă din alimentație produsele pe bază de gluten din motive de sănătate. Printre componentele de bază utilizate pentru obținerea pastelor făinoase fără gluten se numără făina și/sau amidonul din porumb, făina de orez, făina obținută din pseudocereale, alături de adăugarea de proteine, gume și emulgatori care pot acționa parțial ca înlocuitori de gluten. Hidrocoloizi precum carboximetil-celuloza, pectina și agarul se adaugă, de asemenea, în compoziția pastelor făinoase fără gluten pentru a îmbunătăți textura și gustul produsului.

Metode de analiză

Pentru optimizarea compoziției pastelor făinoase fără gluten s-au utilizat trei tipuri de făină – făină de orez, făină de mei și făină de quinoa și diferite concentrații de pectină (1-3%). Probele au fost caracterizate prin analiza proprietăților reologice ale aluatului și determinarea proprietăților termice (calorimetrie cu scanare diferențială) ale pastelor făinoase. Pentru comparație, s-au pregătit probe de paste făinoase fără gluten preparate cu aceleași proporții de pectină comercială. Determinarea vâscozității, modulului de elasticitate (G') și modulului vâscozitate (G'') s-a realizat conform unor proceduri descrise anterior (Ungureanu-Iuga et al., 2020). Analiza proprietăților termice a fost realizată prin metoda descrisă la activitatea 2.2.

Datele experimentale au fost interpretate statistic pe baza rezultatelor analizei de varianță (ANOVA) utilizând softul de prelucrare Statgraphics Centurion XVI (Manugistics Corp., Rockville, Maryland, Statele Unite ale Americii). Testul Fisher LSD (LSD – least significant difference) a fost aplicat la un nivel de încredere de 95%.

Rezultate și discuții

Prin determinările efectuate s-a observat că adăugarea de pectină în paste făinoase fără gluten determină modificări ale proprietăților reologice ale aluatului în principal din cauza modificărilor în ceea ce privește gelatinizarea amidonului, solubilizarea pectinei, precum și a interacțiunilor amidon-pectină (figura 2.6).

Analiza proprietăților reologice ale aluatului a evidențiat diferențe între probele de aluat obținute, diferențe care au fost determinate atât de tipul de făină utilizat, cât și de proporția de pectină adăugată. Aluatul de paste făinoase fără gluten preparat cu făină de orez și pectină din tăiței de sfeclă de zahăr a prezentat cel mai mare modul de elasticitate (G') (figura 1), ceea ce indică obținerea unui aluat ferm și elastic. Variația observată pentru modulul vâscozitate (G'') a fost determinată de tipul de făină și de concentrația de pectină. S-a observat o îmbunătățire a parametrilor analizați odată cu creșterea proporției de pectină și s-a considerat că cele mai bune rezultate se obțin prin utilizarea unei proporții de 2% pectină în raport cu făina fără gluten.

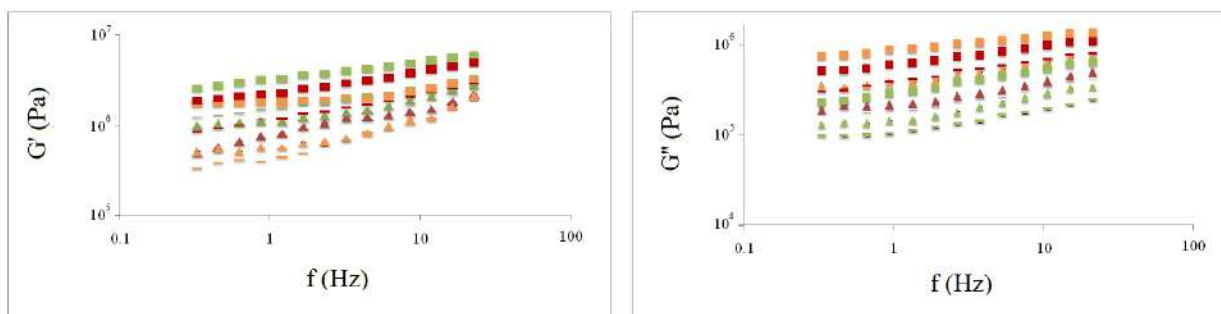


Figura 2.6. Modulul de elasticitate (stânga) și modulul vâscozitate (dreapta) pentru probele de aluat de paste făinoase fără gluten cu făină de mei (▲), făină de quinoa (■), făină de orez (■) și pectină din tăiței de sfeclă de zahăr (1% – portocaliu, 2% – roșu, 3% – verde)

Analiza prin calorimetrie cu scanare diferențială a evidențiat peak-uri endoterme corespunzătoare eliminării apei din probe și peak-uri exoterme care au indicat degradarea probelor de paste făinoase la temperaturi ridicate. Toate probele au prezentat un peak endotermic între 90 și 106 °C, care a indicat modificări ale componentei amilozei a făinii.

Concluzii

Prin cercetările efectuate în această etapă s-a optimizat raportul făină fără gluten:pectină din tăiței de sfeclă de zahăr (2% pectină) în vederea obținerii de paste făinoase fără gluten. Analiza comparativă între pastele făinoase fără gluten care conțin pectină din tăiței de sfeclă de zahăr și pastele făinoase fără gluten preparate cu pectină comercială a indicat diferențe în ceea ce privește proprietățile reologice ale aluaturilor pentru paste și proprietățile termice ale probelor de paste făinoase.

Rezultate obținute: Raport privind condițiile optime ale extracției cu acid citric a pectinei din tăiței de sfeclă de zahăr, condițiile optime ale tehnicilor neconvenționale de extracție a pectinei din tăiței de sfeclă de zahăr, proprietățile fizico-chimice ale pectinei din tăiței de sfeclă de zahăr, în funcție de metoda de extracție utilizată, compoziția și proprietățile pectinei din tăiței de sfeclă de zahăr în comparație cu pectina comercială, proporția optimă de făină fără gluten:pectină pentru prepararea pastelor făinoase cu pectină din tăiței de sfeclă de zahăr, proprietățile reologice ale aluatului și termice ale pastelor făinoase fără gluten care conțin pectină din tăiței de sfeclă de zahăr în comparație cu proprietățile pastelor făinoase fără gluten care conțin pectină comercială.

Rezultatele obținute în această etapă au fost diseminate în:

- 2 articole științifice publicate în două reviste ISI Q1:
 Dranca, F., & Mironeasa, S. (2024). Hot-air drying vs. lyophilization of sugar beet flakes for efficient pectin recovery and influence of extraction conditions on pectin physicochemical properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 265(2), 131063.
 Dranca, F., & Mironeasa, S. (2024). Green extraction of pectin from sugar beet flakes and its application in hydrogels and cryogels. *Gels*, 10(4), 228.
- prezentarea a 3 lucrări științifice la conferințe internaționale din țară și străinătate:
 Dranca, F. & Mironeasa, S., Waste management in the sugar industry: study of pectin extraction from sugar beet flakes by conventional and non-conventional techniques, RETASTE: Rethink Food Resources, Losses, and Waste, manifestare științifică care s-a desfășurat în Atena, Grecia, în perioada 27-29 septembrie 2023.
 Dranca, F. & Mironeasa, S., Physicochemical properties of pectin from sugar beet flakes as affected by extraction method, SGEM GeoConference – Green Science for

Green Life, manifestare științifică care s-a desfășurat în Viena, Austria, în perioada 28 noiembrie – 1 decembrie 2023.

Dranca, F. & Mironeasa, S., Development and characterization of gluten-free pasta with pectin from sugar beet flakes, 9th Edition of the International Conference Biotechnologies, Present and Perspectives, manifestare științifică care s-a desfășurat în Suceava, România, în data de 15 decembrie 2023.

Etapa 3 - Studiul calității pastelor făinoase fără gluten care conțin pectină din sfeclă de zahăr

Această etapă a urmărit studierea parametrilor de calitate ai pastelor făinoase fără gluten preparate cu pectină din tăiței de sfeclă de zahăr prin determinarea culorii, pierderilor la fierbere și a profilului de textură. Pentru comparație s-au pregătit probe de paste făinoase în care s-a adăugat aceeași cantitate de pectină comercială de mere, precum și probe de paste făinoase în compoziția cărora nu s-a adăugat pectină.

Activitatea 3.1. Analiza influenței adaosului de pectină din tăiței de sfeclă de zahăr asupra parametrilor de calitate ai pastelor făinoase fără gluten

Activitatea a presupus investigarea influenței adaosului de pectină în compoziția pastelor făinoase prin analiza culorii, respectiv determinarea parametrilor de culoare în coordonate CIEL^{*}a^{*}b^{*} – luminozitate (L^{*}), a^{*}, b^{*}, nuanța și croma cu ajutorul colorimetrului Konica Minolta CR-400, precum și determinarea pierderilor la fierbere pentru pastele făinoase fără gluten care conțin pectină din tăiței de sfeclă de zahăr. De asemenea, s-a analizat profilul de textură al pastelor făinoase fără gluten care conțin pectină din tăiței de sfeclă de zahăr prin determinarea fracturabilității (probe de paste făinoase fără gluten uscate) și a parametrilor duritate, coezivitate, elasticitate, gumozitate și masticabilitate (probe de paste făinoase fără gluten fierte) cu ajutorul texturometrului Perten TVT 6700. Pe baza acestor determinări s-a realizat o comparație între parametrii de calitate ai pastelor făinoase fără gluten care conțin pectină din tăiței de sfeclă de zahăr și cei ai pastelor făinoase fără gluten preparate cu pectină comercială.

Materiale și metode de analiză

Pentru obținerea pastelor s-a utilizat ca materie primă un amestec de făină de mei brun și făină de orez, iar rețeta de fabricație a fost propusă spre brevetare la OSIM (CBI nr. A 2024 00104/13.03.2024). Aluatul a fost prelucrat prin extrudare utilizând o matriță destinată obținerii de paste făinoase de tip rigatoni, care au fost tăiate la o anumită lungime și în final uscate.

Culoarea pastelor făinoase fără gluten a fost analizată la temperatura de 25 °C cu un cromometru CR-400 (Konica Minolta, Japonia) care a fost calibrat cu un standard alb. Valorile coordonatelor de culoare CIE L^{*}, a^{*}, b^{*} și ale parametrilor nuanță (h^{*}_{ab}) și croma (C^{*}_{ab}) au fost obținute din spectrele de reflexie ale probelor utilizând iluminant D65 și unghi observator de 2°.

Pentru determinarea pierderilor la fierbere ale pastelor făinoase fără gluten, lichidul rezultat prin fierberea a 10 g paste făinoase în 200 ml apă a fost transferat în recipiente din sticlă și uscat într-o etuvă la temperatura de 105 °C. Reziduu rezultat a fost cântărit, pentru fiecare probă realizându-se trei determinări (Ungureanu-Iuga et al., 2020).

Pentru determinarea fracturabilității probelor de paste făinoase fără gluten uscate s-a utilizat un analizor de textură TVT 6700 (Perten Instruments, Suedia) echipat cu accesoriu de tăiere confecționat din aluminiu, având 55 mm înălțime. Parametrii de textură (duritate, coezivitate, elasticitate, gumozitate și masticabilitate) ai probelor de paste făinoase fără gluten fierte au fost obținuți din analiza prin compresie cu ciclu multiplu cu analizorul de textură TVT 6700 echipat cu accesoriu cilindric din oțel inoxidabil cu diametrul de 35 mm. Probele au fost comprimate până la 75% deformare la o viteză de testare de 2 mm/s.

Rezultate și discuții

Probele de paste făinoase fără gluten cu pectină din tăiței de sfeclă de zahăr, paste făinoase fără gluten cu pectină comercială din mere și paste făinoase fără gluten, fără adaos de pectină (probă martor) sunt prezentate în figura 3.1.



Figura 3.1. Probe de paste făinoase fără gluten: stânga – proba martor, centru – paste făinoase fără gluten cu pectină comercială din mere, dreapta – paste făinoase fără gluten cu pectină din tăiței de sfeclă de zahăr

Parametrii de calitate ai probelor de paste făinoase fără gluten sunt prezentați în tabelul 3.1. Culoarea pastelor făinoase fără gluten cu pectină din tăiței de sfeclă de zahăr a fost similară cu cea a probei martor, fiind gălbuie cu ușoare nuanțe de roșu, specifică pectinei încorporate în compoziție.

Tabelul 3.1. Parametrii de calitate ai pastelor făinoase fără gluten

Parametri de culoare	Paste făinoase - PTSF	Paste făinoase - PM	Paste făinoase - martor
L*	76,20	73,88	77,64
a*	3,85	4,35	3,09
b*	16,74	17,53	14,88
h _{ab} *	77,07	76,07	78,24
C _{ab} *	17,13	18,06	15,16
Pierderi la fierbere (%)	4,36	4,33	5,39
Fracturabilitate (N)	0,82	0,90	1,39
Parametri de textură ai pastelor fără gluten fierte			
Duritate (g)	3742,96	3899,48	4446,88
Coezivitate (adim.)	0,59	0,65	0,61
Elasticitate (%)	1,01	1,00	0,99
Gumozitate (g)	2300,05	2379,74	2611,03
Masticabilitate (g)	2294,15	2376,52	2603,48

PTFS – pectină din tăiței de sfeclă de zahăr, PM – pectină comercială din mere

Pierderile la fierbere ale pastelor făinoase fără gluten sunt determinate în principal de eliminarea în timpul fierberii a amidonului gelatinizat, care este mai accentuată la aceste produse datorită absenței rețelei de gluten. Incorporarea pectinei în compoziția pastelor făinoase fără gluten a determinat valori mai scăzute pentru pierderile la fierbere ca urmare a creșterii conținutului de fibre, care leagă mai bine compoziția pastelor și duce la eliminarea unei cantități mai mici de amidon gelatinizat în timpul fierberii.

Fracturabilitatea pastelor făinoase fără gluten uscate este un parametru de textură important deoarece oferă informații cu privire la comportamentul produsului în timpul transportului. Adăugarea de pectină în pastele făinoase fără gluten a determinat o reducere a fracturabilității, care a fost mai pronunțată în cazul pastelor făinoase fără gluten cu pectină din tăiței de sfeclă de zahăr comparativ cu fracturabilitatea pastelor făinoase fără gluten cu adaos de pectină comercială din mere. O forță mai mare de rupere a pastelor făinoase este de dorit deoarece indică o structură internă mai puternică și faptul că produsul își păstrează forma în timpul fierberii sau altor tratamente termice aplicate. După fierbere, parametrii de textură ai

probelor de paste făinoase (durate, coezivitate, elasticitate, gumozitate și masticabilitate) au prezentat diferențe determinate de adaosul de pectină. Cu excepția elasticității, toți parametrii de textură au prezentat valori mai mici în cazul pastelor făinoase fără gluten în compoziția cărora s-a încorporat și pectină. La fel ca în cazul fracturabilității, reducerea a fost mai pronunțată la probele de paste făinoase fără gluten cu pectină din tăiței de sfeclă de zahăr. Pentru elasticitate s-au observat valori ușor mai ridicate în cazul probelor de paste făinoase cu pectină, însă diferențele dintre probe nu au fost mari. Toate determinările efectuate în cadrul acestei activități au evidențiat că utilizarea pectinei din tăiței de sfeclă de zahăr la obținerea pastelor făinoase fără gluten determină o îmbunătățire a parametrilor de calitate ai acestui produs.

Concluzii

Cercetările efectuate în această etapă au arătat că utilizarea pectinei din tăiței de sfeclă de zahăr în compoziția pastelor făinoase fără gluten duce la o îmbunătățire a parametrilor de calitate. Astfel, rezultatele determinărilor pentru aceste probe au indicat caracteristici superioare atât în comparație cu proba martor (paste făinoase fără pectină), cât și în comparație cu pastele făinoase fără gluten cu pectină comercială din mere. Rezultatele confirmă utilitatea și avantajele utilizării pectinei din tăiței de sfeclă de zahăr la obținerea de paste făinoase fără gluten.

Rezultate obținute: Raport privind culoarea, pierderile la fierbere și profilul de textură al pastelor făinoase fără gluten preparate cu pectină din tăiței de sfeclă de zahăr și parametrii de calitate ai pastelor făinoase fără gluten care conțin pectină din tăiței de sfeclă de zahăr în comparație cu pastele făinoase fără gluten preparate cu pectină comercială.

Diseminarea rezultatelor cercetărilor în această etapă a fost realizată prin depunerea spre evaluare a unei cereri de brevet de invenție la Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci (OSIM): Dranca Florina, Mironeasa Silvia – Paste făinoase fără gluten de tip rigatoni cu un conținut ridicat de fibre și procedeu de obținere a acestora, număr de înregistrare A 2024 00104 din 13.03.2024.

Referințe bibliografice

- Dranca, F., Vargas, M., & Oroian, M. (2020). Physicochemical properties of pectin from *Malus domestica* 'Fălticeni' apple pomace as affected by non-conventional extraction techniques. *Food Hydrocolloids*, 100. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105383>
- Dranca, F., & Mironeasa, S. (2024a). Green extraction of pectin from sugar beet flakes and its application in hydrogels and cryogels. *Gels* 2024, Vol. 10, Page 228, 10(4), 228. <https://doi.org/10.3390/GELS10040228>
- Dranca, F., & Mironeasa, S. (2024b). Hot-air drying vs. lyophilization of sugar beet flakes for efficient pectin recovery and influence of extraction conditions on pectin physicochemical properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 265, 131063. <https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2024.131063>
- Dranca, F., Talón, E., Vargas, M., & Oroian, M. (2021). Microwave vs. conventional extraction of pectin from *Malus domestica* 'Fălticeni' pomace and its potential use in hydrocolloid-based films. *Food Hydrocolloids*, 121, 107026. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107026>
- Jafari, F., Khodaiyan, F., Kiani, H., & Hosseini, S. S. (2017). Pectin from carrot pomace: Optimization of extraction and physicochemical properties. *Carbohydrate Polymers*, 157, 1315–1322. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.11.013>
- Lefsih, K., Giacomazza, D., Dahmoune, F., Mangione, M. R., Bulone, D., San Biagio, P. L., Passantino, R., Costa, M. A., Guarrasi, V., & Madani, K. (2017). Pectin from *Opuntia ficus indica*: Optimization of microwave-assisted extraction and preliminary characterization. *Food Chemistry*, 221, 91–99. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.073>

- Levigne, S., Thomas, M., Ralet, M. C., Quemener, B., & Thibault, J. F. (2002). Determination of the degrees of methylation and acetylation of pectins using a C18 column and internal standards. *Food Hydrocolloids*, 16(6), 547–550. [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(02\)00015-2](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(02)00015-2)
- Melton, L. D., & Smith, B. G. (2001). Determination of the Uronic Acid Content of Plant Cell Walls Using a Colorimetric Assay. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, 00(1), E3.3.1-E3.3.4. <https://doi.org/10.1002/0471142913.fae0303s00>
- Ungureanu-Iuga, M., Dimian, M., & Mironeasa, S. (2020). Development and quality evaluation of gluten-free pasta with grape peels and whey powders. *LWT*, 130, 109714. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2020.109714>
- Yang, X., Zhao, Y., Wang, Q., Wang, H., & Mei, Q. (2005). Analysis of the monosaccharide components in Angelica polysaccharides by high performance liquid chromatography. *Analytical Sciences*, 21(10), 1177–1180. <https://doi.org/10.2116/analsci.21.1177>

Managementul proiectului, achiziția de materiale și echipamente necesare și diseminarea rezultatelor cercetărilor

Activitatea a implicat managementul proiectului, achiziția de materiale și echipamente în conformitate cu legislația națională, precum și diseminarea rezultatelor cercetărilor. Această activitate este cuprinsă în fiecare etapă de implementare a proiectului.

În etapa 1 a proiectului s-a achiziționat o balanță analitică Kern ABT 220-5DNM, care a fost utilizată pentru pregătirea probelor în vederea analizei compoziției fizico-chimice a pectinei extrase din tăiței de sfeclă de zahăr. De asemenea, s-au achiziționat materiale consumabile necesare în activitatea desfășurată în cadrul proiectului. În etapa 2 a proiectului au fost achiziționate următoarele echipamente: densitometru McFarland DEN-1, miniPC industrial, kit agitator magnetic cu încălzire DLAB MS-H280-PRO și un rotaevaporator cu condensor vertical RVO 400 echipat cu pompă de vacuum KNF 309577/026366. S-au achiziționat și materiale consumabile necesare în activitatea desfășurată în cadrul acestei etape. În etapa 3 a proiectului s-au achiziționat materiale consumabile necesare în activitatea desfășurată în această etapă.

Livrabile estimate: 2 articole științifice în reviste cotate ISI Q1/Q2, 2 prezentări ale rezultatelor cercetării la conferințe internaționale, înregistrarea unei cereri de brevet de invenție la OSIM.

Livrabile obținute: 2 articole științifice în reviste cotate ISI Q1, 4 prezentări ale rezultatelor cercetării la conferințe internaționale, 1 cerere de brevet de invenție depusă spre evaluare la OSIM.

Articole științifice:

1. Dranca, F., & Mironeasa, S. (2024). Hot-air drying vs. lyophilization of sugar beet flakes for efficient pectin recovery and influence of extraction conditions on pectin physicochemical properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 265(2), 131063. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.131063>
2. Dranca, F., & Mironeasa, S. (2024). Green extraction of pectin from sugar beet flakes and its application in hydrogels and cryogels. *Gels*, 10(4), 228. <https://doi.org/10.3390/gels10040228>

Lucrări prezentate la conferințe internaționale:

1. Dranca, F. & Mironeasa, S., Pectin extraction from sugar beet flakes: study of the pretreatment of plant material and influence of the extraction agent, European Biotechnology Congress, manifestare științifică care s-a desfășurat în Praga, Republica Cehă, în perioada 5-7 octombrie 2022.

2. Dranca, F. & Mironeasa, S., Waste management in the sugar industry: study of pectin extraction from sugar beet flakes by conventional and non-conventional techniques, RETASTE: Rethink Food Resources, Losses, and Waste, manifestare științifică care s-a desfășurat în Atena, Grecia, în perioada 27-29 septembrie 2023.
3. Dranca, F. & Mironeasa, S., Physicochemical properties of pectin from sugar beet flakes as affected by extraction method, SGEM GeoConference – Green Science for Green Life, manifestare științifică care s-a desfășurat în Viena, Austria, în perioada 28 noiembrie – 1 decembrie 2023.
4. Dranca, F. & Mironeasa, S., Development and characterization of gluten-free pasta with pectin from sugar beet flakes, 9th Edition of the International Conference Biotechnologies, Present and Perspectives, manifestare științifică care s-a desfășurat în Suceava, România, în data de 15 decembrie 2023.

Cerere de brevet de invenție:

Dranca, F., Mironeasa, S., *Paste făinoase fără gluten de tip rigatoni cu un conținut ridicat de fibre și procedeu de obținere a acestora*, număr de înregistrare OSIM A 2024 00104, dată de înregistrare 13/03/2024.

Impactul estimat al rezultatelor obținute

În ceea ce privește rezultatele științifice ale proiectului, considerate indicatori ai succesului acestuia, prin activitățile de cercetare realizate s-a stabilit o metodă eficientă de extracție pentru izolarea pectinei din tăiței de sfeclă de zahăr, reprezentată de metoda de extracție convențională cu acid citric. De asemenea, s-a optimizat și propus spre brevetare o rețetă de paste făinoase fără gluten pe bază de făină de mei brun, făină de orez și pectină din tăiței de sfeclă de zahăr. Rezultatele cercetărilor au fost diseminate în 2 articole științifice publicate în reviste cotate ISI Q1, propunerea spre evaluare a unei cereri de brevet de invenție înregistrată la Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci (OSIM) și prin participarea la 4 conferințe internaționale.

Rezultatul cel mai semnificativ obținut prin proiectul **PN-III-P1-1.1-PD-2021-0290** cu titlul **Extracția și caracterizarea fizico-chimică a pectinei din subproduse din industria zahărului și utilizarea în paste fără gluten** este reprezentat de stabilirea unei metode eficiente de extracție a pectinei din tăiței de sfeclă de zahăr, prin care se pun bazele valorificării și implicit includerii în conceptul de economie circulară a tăițeilor de sfeclă de zahăr rezultați ca produs secundar în procesul tehnologic de fabricare a zahărului. Mai mult, proiectul a propus și demonstrat o aplicație a pectinei din tăiței de sfeclă de zahăr în obținerea de paste făinoase fără gluten, care extinde utilitatea acestui tip de pectină în industria alimentară dincolo de rolul de stabilizator, agent de îngroșare și de gelifiere.

Siteul proiectului este actualizat și poate fi consultat la adresa:

<https://fia.usv.ro/cercetare/sugarbeetpec/>

Toate activitățile asumate în cadrul proiectului au fost realizate.

Director de proiect,

Șef lucrări univ. dr. ing. Florina DRANCA