

Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați



TEZĂ DE DOCTORAT

**POSIBILITĂȚI DE UTILIZARE A FIBRELOR
SOLUBILE ÎN PANIFICAȚIE**

(Rezumatul tezei de doctorat)

**Doctorand,
Ing. Camelia (DIAC) ARGHIRE**

**Conducător științific,
Prof univ.dr.ing. Despina BORDEI**

Seria I4 Inginerie industrială Nr. 44

**GALAȚI
2017**

Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați



TEZĂ DE DOCTORAT

POSSIBILITĂȚI DE UTILIZARE A FIBRELOR SOLUBILE ÎN PANIFICAȚIE

(Rezumatul tezei de doctorat)

Doctorand,
Ing. Camelia (DIAC) ARGHIRE

Conducător științific,
Prof univ.dr.ing. Despina BORDEI

Referenți științifici Prof. univ.dr.ing. Camelia VIZIREANU
Cercetător gradul I dr.ing. Nastasia BELC
Conf. univ. dr. ing. Alexandru STOICA.

Seria I4 Inginerie industrială Nr. 44

GALAȚI
2017

Seriile tezelor de doctorat sustinute public în UDJG începând cu 1 octombrie 2013 sunt:

Domeniul ȘTIINȚE INGINEREȘTI

Seria I 1: **Biotehnologii**

Seria I 2: **Calculatoare și tehnologia informației**

Seria I 3: **Inginerie electrică**

Seria I 4: **Inginerie industrială**

Seria I 5: **Ingineria materialelor**

Seria I 6: **Inginerie mecanică**

Seria I 7: **Ingineria produselor alimentare**

Seria I 8: **Ingineria sistemelor**

Domeniul ȘTIINȚE ECONOMICE

Seria E 1: **Economie**

Seria E 2: **Management**

Domeniul ȘTIINȚE UMANISTE

Seria U 1: **Filologie- Engleză**

Seria U 2: **Filologie- Română**

Seria U 3: **Istorie**

CUPRINS TEZA

| | Rezumat | Teza |
|---|---------|------|
| Introducere..... | 6 | 8 |
| 1. Studiu documentar. Stadiul actual al cunoașterii în domeniul utilizării fibrelor solubile în panificație | 10 | 20 |
| 1.1. Orientări actuale în consumul alimentelor | 10 | 21 |
| 1.2. Definiția și clasificarea fibrelor alimentare | 10 | 22 |
| 1.2.1. Definiția fibrelor | 10 | 22 |
| 1.2.2. Clasificarea fibrelor alimentare | 10 | 23 |
| 1.2.3. Recomandări privind consumul de fibre alimentare | 10 | 25 |
| 1.3. Fibre solubile utilizate în panificație..... | 11 | 26 |
| 2. Materiale, metode de analiză și aparatura utilizată în experimentări | 11 | 51 |
| 2.1. Materiale | 11 | 51 |
| 2.1.1. Făinuri | 11 | 51 |
| 2.1.2. Fibre solubile | 12 | 56 |
| 2.1.3. Alte ingrediente | 12 | 56 |
| 2.2. Metode de lucru și aparatura folosită | 12 | 56 |
| 2.2.1. Metode pentru aprecierea calității făinurilor | 12 | 56 |
| 2.2.2. Probe de coacere | 13 | 62 |
| 2.2.3. Determinarea indicilor calitativi ai pâinii | 14 | 63 |
| 2.3. Criterii de apreciere a calității făinii și pâinii | 14 | 64 |
| 3. Cercetări privind influența adaosului de fibre solubile asupra reologiei aluatului, parametrilor tehnologici și calității pâinii | 15 | 66 |
| 3.1. Influența adaosului de fibre solubile asupra proprietăților reologice la întindere biaxială a aluatului | 15 | 67 |
| 3.2. Studiul comportării la fermentare a aluatului preparat cu adaos de fibre solubile, folosind reofermentometrul | 17 | 72 |
| 3.3. Studiul proprietăților reologice ale aluatului cu adaos de fibre solubile la aparatul mixolab | 18 | 77 |
| 3.4. Evaluarea relațiilor dintre parametrii aparatului mixolab și parametrii determinați la aparatele alveograf și reofermentograf..... | 26 | 97 |
| 3.4.1. Evaluarea relațiilor dintre parametrii aparatului mixolab și parametrii determinați la aparatul Alveograf | 27 | 97 |
| 3.4.2. Evaluarea relațiilor dintre parametrii aparatului mixolab și parametrii determinați la aparatul reofermentograf..... | 27 | 99 |
| 3.5. Influența adaosului de fibre solubile asupra calității pâinii | 28 | 100 |
| 3.6. Posibilități de obținere a pâinii hipoglucidice folosind fibrele solubile..... | 31 | 106 |

| | | |
|--|----|------------|
| 3.7. Influența adaosului de Fibruline Instant și Fibrulose F97 asupra conținutului mineral al pâinii..... | 34 | <u>110</u> |
| 3.8. Optimizarea compoziției amestecului din făină de grâu și fibre solubile pentru îmbunătățirea calității pâinii prin metoda experimentelor programate | 35 | <u>113</u> |
| 3.8.1. Proiectarea experimentului: aspecte introductive | 35 | <u>113</u> |
| 3.8.2. Modelarea și evaluarea modelului răspunsului..... | 36 | <u>116</u> |
| 3.8.3. Metodologia suprafeței de răspuns (RSM) | 36 | <u>120</u> |
| 3.8.4. Optimizarea indicilor fizici de calitate ai pâinii din făină de grâu cu adaos de fibre solubile..... | 36 | <u>120</u> |
| 3.8.5. Rezultate, discuții și concluzii parțiale | 37 | <u>121</u> |
| Concluziile generale, contribuții originale și perspective | 41 | <u>144</u> |
| Listă lucrări publicate și prezentate..... | 45 | <u>147</u> |
| Bibliografie selectivă..... | 48 | <u>150</u> |

CUVINTE CHEIE:

Panificație, Fibre solubile, Inulină, Oligofructoză, Alveograf, Reofermentograf, Mixolab, PCA, Hipocaloric, Calitate senzorială, Minerale, Optimizare.

Introducere

Consumatorii și-au schimbat parțial modul de alegere a alimentelor. Pe lângă criteriul senzorial, care predomină, a apărut alegerea alimentelor după influența asupra sănătății, după modul cum optimizează performanțele organismului și reduc sau întârzie riscul de instalare a bolilor [1]. Creșterea interesului pentru alimente ce influențează benefic starea de sănătate și de bine se datorează unei mai bune educații în domeniul nutriției, unei griji mai mari acordate stării de sănătate obținută prin dietă și numărului mai mare de persoane cu anumite afecțiuni (boli cardiovasculare, diabet, osteoporoză, cancer, alergii de diferite tipuri etc.) ce optează și pentru această cale de tratare dar și prin creșterea costurilor de asistență medicală, creșterea constantă a speranței de viață și dorința persoanelor în vârstă pentru îmbunătățirea calității vieții [2]. Atingerea acestor deziderate ale consumatorilor este realizată, în principal, de alimentele care aduc beneficii sănătății cum sunt produsele de panificație cu fibre care au o valoare nutritivă incontestabilă.

Rolul fibrelor alimentare în menținerea sănătății este acceptat, prin combaterea sau tratarea unui număr mare de maladii ale erei contemporane.

Fibrele alimentare au multiple efecte benefice: (i) reduc timpul de tranzit intestinal; (ii) pot fi fermentate de către microflora colonului; (iii) reduc nivelurile colesterolului total și / sau de LDL din sânge; (iv) reduc glicemia postprandială și / sau nivelul de insulină etc. [3]. Datorită acestor efecte previn cancerul de colon; combat ateroscleroza, diabetul, constipația, cardiopatia ischemică, infarctul de miocard, obezitatea, cariile dentare [4], îmbunătățesc sănătatea gastrointestinală și reduc sensibilitatea la unele boli. Creșterea consumului a fost de asemenea asociată cu creșterea sașietății și pierderea în greutate [5].

Pâinea reprezintă un aliment de bază pentru o bună parte a populației globului. Piața mondială a produselor din industria de panificație și pastelor a depășit 310 miliarde de dolari în 2014, cu o creștere medie de 2,3 % pe an [6].

Teza de doctorat intitulată **Posibilități de utilizare a fibrelor solubile în panificație** analizează posibilitățile de obținere a unor produse de panificație de o calitate superioară dorită de către consumatori, cu o valoare nutritivă mărită prin creșterea conținutului de fibre solubile. Fibrele solubile sunt reprezentate de inulină și oligofructoză care se suplimentează în făinuri de grâu din recolta autohtonă.

Obiectivele generale ale tezei urmăresc:

- Evaluarea influenței comportării reologice a aluaturilor preparate din făină de grâu suplimentată cu doze diferite de fibre solubile, realizată cu ajutorul alveografului, reofermentografului și aparatului mixolab Chopin;
- Corelația între parametrii furnizați de metodele alveografică, reofermentografică și cei furnizați de aparatul mixolab;

- Influența adaosului de fibre solubile asupra calității pâinii obținute din făinuri cu adaos de fibre;
- Posibilități de obținere a pâinii hipocalorice din făina tip 800 suplimentată cu inulină;
- Influența adaosului de fibre solubile asupra conținutului de mineral al pâinii obținute din făina suplimentată cu fibre, prin analiză spectrometrică;
- Optimizarea dozelor de fibre solubile în urma analizelor reologice și senzoriale în vederea obținerii unor produse de panificație superioare calitativ.

Teza de doctorat este compusă din trei părți principale.

1 - Studiu documentar. Stadiul actual al cunoașterii în domeniul utilizării fibrelor solubile în panificație, în care sunt relatate orientările actuale în consumul alimentelor, definiția și clasificarea fibrelor alimentare cu recomandările privind consumul de fibre. Tot în prima parte sunt enumerate implicațiile fiziologice și nutriționale ale inulinei și oligofrucozei precum și posibilități de utilizare a fibrelor în panificație și la fabricarea biscuiților.

2 - Materiale, metode de analiză și aparatura utilizată în experimentări reprezintă a doua parte în care sunt detaliate materialele și aparatura folosite în cercetare. În experimentări au fost folosite trei făinuri de grâu care diferă prin gradul de extracție: F1 - făină albă de grâu tip 650, F2- făină albă de grâu tip 550 și F3 –făină de grâu tip 800. Făinurile provin din prelucrarea grânelor obținute în Câmpia Bărăganului, județul Ialomița. Sunt făinuri comerciale provenite de la SC Oltina Impex Prod Com SRL cu sediul în Urlați, Județul Prahova. Moara este dotată cu utilaje de ultimă generație marca Ocrim, Italia. Făinurile au fost selectate astfel încât probele să fie omogene din punct de vedere calitativ. S-au prelevat probe de făină neaditivată, fără corectare enzimatică. Am ales făinuri de extracții mici pentru panificație deoarece acestea sunt cele mai utilizate în industria panificației, sunt cele mai sărace în fibre și în plus, datorită conținutului de proteine glutenice de calitate mai bună comparative cu făinurile intermediare sau integrale, se comportă tehnologic mai bine față de făinurile de extracții mari.

Fibrele solubile studiate sunt extrase din cicoare, obținute de la firma Cosucra din Belgia și comercializate în România de firma Enzymes & Derivates SA din Costișa, județul Neamț. Am folosit trei tipuri de fibre: Fibruline Instant - inulina nativă, Fibrulose F97- oligofrucoză pudră și Fibruline DS2 - inulină fără glucide simple destinată produselor cu fibre și conținut redus de zahăr. Fibrele solubile analizate diferă prin gradul de polimerizare, procentul de glucide fermentescibile și doza adăugată în făinurile studiate.

În a doua parte sunt prezentate și metodele de determinare a indicatorilor de calitate ai făinurilor cu adaos de fibre solubile (umiditate, cenușa, conținut de proteine, gluten umed, deformare gluten, aciditate, indice de cădere) precum și metodele și aparatura necesară analizei reologice cu ajutorul alveografului Chopin, reofermentografului Chopin F3 și mixolabului Chopin. Criteriile de apreciere a calității pâinii, proba de coacere, de determinare a mineralelor sunt subcapitole ale celei de-a doua părți din teză.

3. A treia parte a tezei este intitulată **Cercetări privind influența adaosului de fibre solubile asupra reologiei aluatului, parametrilor tehnologici și calității pâinii.** Studiul experimental conține influența adaosului de fibre solubile asupra proprietăților reologice analizate cu aparatele de ultimă generație amintite, alveograf, reofermentometru și mixolab. În făinurile albe F1- tip 650 și F2-tip 550 s-au adăugat 2,5;

5 și 10% inulină Fibruline Instant și oligofructoză Fibrulose F97. Comportamentul reologic al făinurilor cu adaos de fibre a fost analizat la întindere biaxială cu ajutorul alveografului. Studiul comportării la fermentare a aluatului preparat cu adaos de fibre solubile a fost realizat cu ajutorul reofermentometrului. Dezvoltarea și înmuierea aluatului, gelatinizarea amidonului, activitatea enzimatică și retrogradarea amidonului au fost realizate cu ajutorul aparatului mixolab. Corelarea între parametrii celor trei aparate a fost realizată prin metoda PCA - Analiza Componentelor Principale. Din făinurile cu adaos de fibre solubile s-au efectuat probe de coacere în laborator în vederea aprecierii calitative a pâinii obținute și compararea acestora cu proba martor. Probele au fost realizate în laboratorul aparținând firmei Șapte Spice Râmnicu-Vâlcea, unul dintre laboratoarele cele mai performante din domeniu. Pentru testele de coacere efectuate în laborator s-au folosit utilajele clasice (frământător și cuptor de coacere de laborator). Aluatul a fost preparat prin procedeul direct, iar coacerea s-a realizat în forme (tăvi). Produsele de panificație obținute cu adaos de fibre solubile prezintă variații ale caracteristicilor reologice și senzoriale în funcție de procentul de fibră utilizat cât și de tipul fibrei solubile alese.

În vederea obținerii unei pâini hipocalorice am folosit adaosuri de 5%; 10%; 15% și 20% Fibruline DS2 (inulină cu un conținut maxim de 2% de glucide reducătoare) în raport cu făina semialbă tip 800. Produsele obținute au fost analizate din punct de vedere calitativ exprimându-se totodată și conținutul de fibre din compoziție.

Pentru determinarea conținutului de Ca, Mg și Fe din pâine s-a realizat altă serie de probe de coacere. Probele de pâine cu și fără adaos de fibre au fost obținute pe linia tehnologică „pilot” a Facultății de Tehnologia Produselor Agroalimentare din cadrul Universității de Științe Agricole și Medicină Veterinară a Banatului din Timișoara, linie de capacitate mică, de 100 bucăți pâine/zi. Analiza mineralelor (Ca, Mg și Fe) s-a realizat prin spectroscopie cu ajutorul unui spectrometru cu absorbție atomică VARIAN.

Proiectarea unui amestec optim de făină de grâu și adaos de fibre solubile pentru îmbunătățirea calității pâinii care să aibă parametri fizici la valori optime constituie un obiectiv esențial al cercetării desfășurate pentru elaborarea tezei de doctorat. În acest sens am aplicat o abordare sistematică de investigare a procesului, bazată pe proiectarea statistică a experimentelor (DOE - Design of Experiments). Utilizarea acestei tehnici necesită dezvoltarea unui model de proiectare care permite evaluarea parametrilor calitativi ai produsului finit în funcție de factorii care îl influențează. Astfel, în etapele experimentului (în analiza statistică a modelelor matematice) se utilizează ca proceduri statistice analiza de varianță (Analysis of Variance - ANOVA) și analiza de regresie (Regression Analysis). Designul experimental bazat pe General Factorial Design a fost construit utilizând softul State-Ease Design Expert 7.0.0.

4. În ultima parte a tezei sunt evidențiate cele mai importante **concluzii** și interpretări ale rezultatelor din teză, **contribuțiile științifice** personale, precum și **perspectivele** de cercetare legate de posibilitățile de utilizare a fibrelor solubile în panificație.

Structura tezei

Teza de doctorat este alcătuită din 169 pagini și este structurată în trei părți distincte: „studiul documentar” prezentat în 30 pagini (19 figuri și 22 tabele), „materiale și metode” prezentat în 15 pagini (8 figuri și 12 tabele) și „studiul experimental” care conține 78 pagini (71 figuri și 25 tabele).

În rezumat sunt prezentate pe scurt obiectivele științifice, materialele și metodele de lucru, rezultatele experimentale, concluziile finale și perspectivele de continuare a cercetărilor, precum și o listă selectivă a titlurilor bibliografice.

1. Studiu documentar. Stadiul actual al cunoașterii în domeniul utilizării fibrelor solubile în panificație

1.1. Orientări actuale în consumul alimentelor

De la începutul secolului 21, societatea a asistat la o creștere continuă a speranței de viață și, în același timp, la o atenție sporită acordată calității, în toate domeniile. Consumatorii sunt din ce în ce mai interesați în ceea ce privește sănătatea lor și dispuși să acorde mai multă atenție stilului lor de viață și mai ales alimentației, cu toate laturile ei: nutritivă, senzorială, igienică, estetică, și mai ales sanogenă [7].

1.2. Definiția și clasificarea fibrelor alimentare

Rolul fibrelor în alimentația și sănătatea omului a devenit de actualitate în ultimele decenii, când au fost mai corect evaluate efectele lor fiziologice, iar mecanismele de acțiune mai bine corelate cu structura și proprietățile acestora [8].

1.2.1. Definiția fibrelor

Fibrele alimentare sunt acele părți ale vegetalelor ce nu pot fi hidrolizate de enzimele din tubul digestiv uman. Ele reprezintă un grup de substanțe, denumite generic fibre alimentare, care diferă prin structură chimică, proprietăți fizice și efecte fiziologice [9].

Conform Regulamentului (UE) nr. 1169/2011 [10], fibrele sunt definite ca „polimeri glucidici compuși din trei sau mai multe unități monomerică, care nu sunt nici digerați, nici absorbiți în intestinul subțire uman” și care aparțin uneia dintre următoarele categorii:

- polimeri glucidici comestibili, prezenți în mod natural în produsele alimentare consumate ca atare;
- polimeri glucidici comestibili care au fost obținuți din materii prime alimentare prin mijloace fizice, enzimatică sau chimice și care au un efect fiziologic benefic demonstrat prin dovezi științifice general acceptate;
- polimeri glucidici comestibili sintetici care au un efect fiziologic benefic demonstrat prin dovezi științifice general acceptate.

1.2.2. Clasificarea fibrelor alimentare

Clasificare după solubilitatea în apă este cel mai frecvent întâlnit criteriu împărțind fibrele alimentare în fibre solubile și fibre insolubile.

1.2.3. Recomandări privind consumul de fibre alimentare

Recomandările privind consumul de fibre în dietă diferă de la țară la țară. În general, specialiștii recomandă un aport mediu de 25 – 35 g fibre/zi, [11] dintre care o

treime să fie reprezentate de fibrele solubile și două treimi de fibrele insolubile, ceea ce înseamnă un consum mediu de inulină și/sau oligofructoză cuprins între 8-10 grame [12]. Totuși, majoritatea oamenilor consumă, în medie, jumătate din această cantitate [13].

1.3. Fibre solubile utilizate în panificație

Fibrele solubile utilizate în industria de panificație și patiserie cele mai frecvent întâlnite sunt: inulina, pectinele, diferite tipuri de hemiceluloză, β -glucani, diferite gume [14].

1.3.2. Inulina și oligofructozele

Inulina și oligozaharidele sunt fructani prezenți ca poliglucide de rezervă într-un număr mare de fructe și plante folosite în alimentația omului.

Inulina este un amestec de lanțuri cu resturi de fructoză ale căror grad de polimerizare variază de la 2 la 60. Este alcătuită predominant din lanțuri lineare de resturi fructozil legate prin legături β (2 \rightarrow 1), terminale, adesea, ca o unitate glucozil [15].

Fracțiunea cu grad de polimerizare mai mic, cuprins între 2 și 20, este numită oligofructoză [16,17,18]. Conținutul de oligofructoză a inulinei poate varia cu sursa de inulină. Oligofructoză reprezintă un amestec de resturi fructozil legate β (2 \rightarrow 1). Acest tip de legături le face să nu fie degradate de enzimele digestive, ceea ce le conferă calitatea de fibre.

Inulina este o fibră solubilă ce se găsește în peste 36.000 de specii de plante [19]. Plantele cu conținutul cel mai ridicat de inulină sunt prezentate în tabelul 1.7. În cantități mai mari se găsește în cicoare (15-20%), napi și dalii.

Prin hidroliză acidă, inulina formează β -fructofuranoza și cantități mici de α -glucopiranoză. Inulina este un polizaharid solubil în apă, care precipită din soluțiile apoase prin adăugarea de alcool.

Inulina se obține din rădăcina de cicoare prin extracție cu apă, după un procedeu asemănător extragerii zahărului din sfecla de zahăr [20]. Pentru obținerea oligozaharidelor, zeama de inulină obținută prin difuziune este hidrolizată enzimatic și purificată, urmată de concentrare și uscare.

2. Materiale, metode de analiză și aparatura utilizată în experimentări

2.1. Materiale

2.1.1. Făinuri

În experimentări au fost folosite trei făinuri de grâu care diferă prin gradul de extracție: F_1 - făină albă de grâu tip 650, F_2 - făină albă de grâu tip 550 și F_3 - făină de grâu tip 800.

S-au determinat următorii indicatori de calitate ai făinurilor: umiditate, cenușa, conținut de proteine, gluten umed, deformare gluten, aciditate, indice de cădere,

caracteristici reologice ale aluaturilor alveografice, reofermentografice și caracteristici determinate de aparatul mixolab.

a. Caracteristicile fizico-chimice ale făinurilor utilizate în experimentări

Valorile caracteristicilor fizico-chimice ale făinurilor utilizate în experimentări sunt prezentate în tabelul 2.1.

Tabelul 2.1 - Valorile caracteristicilor fizico-chimice ale făinurilor utilizate în experimentări

| Caracteristica | F1 | F2 | F3 |
|---------------------------|------|------|------|
| Umiditate, % | 14,5 | 14 | 14 |
| Cenușă, % s.u. | 0.65 | 0.55 | 0.80 |
| Conținut de proteine,% | 12 | 12 | 11,8 |
| Gluten umed,% | 30 | 29 | 28,8 |
| Deformare gluten umed, mm | 5 | 5 | 6 |
| Aciditate, gr. aciditate | 2,2 | 2,1 | 2,8 |
| Indice de cădere, s | 350 | 330 | 305 |

2.1.2. Fibre solubile

În experimentări s-au folosit trei tipuri de fibre cu grade de polimerizare diferite: inulină nativă, oligofructoză pudră și inulină cu un conținut de maxim 2% glucide simple. Fibrele solubile studiate sunt extrase din cicoare:

1. Fibuline Instant - inulină nativă; grad de polimerizare ≈ 10 , glucide reductoare 8%.
2. Fibulose F97- oligofructoză pudră; grad de polimerizare < 10 , glucide reductoare 3 %.
3. Fibuline DS2- inulină destinată produselor cu fibre și conținut redus de zahăr; grad de polimerizare ≤ 10 , glucide reductoare max. 2%.

2.1.3. Alte ingrediente

Pentru realizarea experimentelor s-au folosit ca ingrediente, următoarele materiale:

- drojdie pentru panificație (*Saccharomyces cerevisiae*) comprimată (umiditate 76% max.) – produs comercial Pakmaya, producător ROMPAK SRL Pașcani;
- sare alimentară (clorură de sodiu iodată), conform condițiilor standard SR 13360/1996;
- apă potabilă.

2.2. Metode de lucru și aparatura folosită

2.2.1. Metode pentru aprecierea calității făinurilor

Pentru caracterizarea calității făinurilor, probele prelevate au fost analizate prin următoarele metode [21]:

- determinarea umidității prin uscare la etuvă, conform SR 90:2007, și, respectiv, prin uscare cu ajutorul termobalanței Kern MLB 50-3;

- determinarea cenușii prin calcinare, conform ISO 2171:2010 cu ajutorul unui cuptor de calcinare Caloris L1003;
- determinarea conținutului de gluten umed, obținut prin spălare manuală cu NaCl 2%, conform SR EN ISO 21415-1:2007;
- determinarea deformării glutenului, conform SR 90:2007;
- determinarea indicelui de cădere, stabilit cu ajutorul unui vâscozimetru Hagberg, produs de firma Perten, conform EN ISO 3093:2007.

A. Metoda alveografică

La metoda alveografică, conform SR ISO 5530-4:2002, pentru determinarea proprietăților reologice de întindere ale aluaturilor s-a folosit un alveograf Chopin. Metoda se bazează pe rezistența la întindere biaxială a unei foi de aluat menținută la odihnă un anumit timp, și care, supusă presiunii unui curent de aer, se umflă sub forma unei bule crescânde până se rupe.

Se trasează curba variației de presiune în interiorul bilei, în funcție de timp.

B. Metoda reofermentografică

Pentru studierea efectului fibrelor solubile asupra fermentării s-a utilizat reofermentometrul F3 Chopin.

Principiul metodei constă în măsurarea dezvoltării probei de aluat care fermentează, la parametrii impuși de protocolul ales, prin măsurarea înălțimii aluatului cu ajutorul unui senzor de presiune și determinarea cantității de gaze formate și reținute de aluat prin intermediul unui circuit pneumatic care măsoară creșterea presiunii gazelor de fermentare [22,23].

Aparatul trasează două grafice:

- 1.graficul formării și reținerii gazelor de către aluat;
- 2.graficul dezvoltării aluatului.

C. Analiza complexă a făinii cu ajutorul aparatului mixolab

Aparatul mixolab realizează o analiză complexă a făinii. El permite analiza calității proteinelor făinii (hidratare, stabilitate, elasticitate, înmuiere), analiza comportării amidonului (gelatinizare și temperatură de gelatinizare, modificarea consistenței la adaosul de aditivi), analiza activității enzimatice (proteolitice, amilolitice ș.a.).

Curba trasată de mixolab prezintă 5 zone:

- 1.dezvoltarea aluatului;
- 2.înmuierea aluatului;
- 3.gelatinizarea amidonului;
- 4.activitatea enzimatică;
- 5.retrogradarea amidonului.

2.2.2. Probe de coacere

Pentru determinarea calității pâinii aditivată cu fibre solubile s-a efectuat proba de coacere în laborator dotat cu utilajele clasice (frământător și cuptor de coacere de laborator). Aluatul a fost preparat prin procedeul direct, iar coacerea s-a realizat în forme.

Adaosurile de fibre solubile s-au folosit în proporție de 0%; 2,5%; 5%; 10% iar făinurile luate în studiu au fost F1 și F2. S-a lucrat la capacitate de hidratare constantă.

Pentru obținerea unei pâini hipoglicidice s-au realizat probe de coacere utilizând făina semialbă tip 800 (făina F3), procentele în care s-au adăugat fibre solubile fără glucide reducătoare au fost de 5%, 10%, 15% și 20%.

Rețeta pentru obținerea probelor analizate 61% apă, 1,6% drojdie comprimată, 2% sare și adaos de fibre solubile în proporție de 0%; 2,5%; 5% și 10%, respectiv 20% față de făina prelucrată.

2.2.3. Determinarea indicilor calitativi ai pâinii

Pentru caracterizarea indicilor calitativi ai pâinii s-au determinat:

- volumul pâinii, conform SR 91:2007 [24];
- elasticitatea miezului, conform SR 91:2007;
- porozitatea miezului, conform SR 91:2007;
- umiditatea pâinii, conform SR 91:2007;
- determinarea conținutului de proteine, conform SR 91:2007;
- determinarea lipidelor, conform SR 91:2007;
- caracteristicile senzoriale ale pâinii (aspect exterior și în secțiune, formă produs, culoare, proprietățile miezului) s-au analizat cu ajutorul unei echipe de degustători instruiți.

A. Metoda spectrometrică pentru determinarea conținutului de Ca, Mg și Fe din probele de pâine preparate cu adaos de fibre solubile

Analiza metalelor s-a realizat cu ajutorul unui spectrometru cu absorbție atomică VARIAN, utilizând pentru calibrarea aparatului standarde de metale.

B. Determinarea cantității de glucide - prin calcul matematic ținând cont de procentul umidității, proteinelor, acizilor grași, substanțelor minerale (cenușa) și a fibrelor totale.

C. Metoda gravimetric-enzimatică pentru determinarea cantității de fibre totale, conform metodei AOAC 991.43 modificată pentru determinarea fibrelor totale fără inulină.

D. Metoda gravimetric-enzimatică (utilizând inulinază) pentru determinarea cantității de fibre solubile (inulină), folosind metoda AOAC 997-08.

2.3. Criterii de apreciere a calității făinii și pâinii

Alegerea acestor indicatori de calitate, precum și stabilirea domeniului de variație pentru o treaptă de calitate dată, au ținut cont de prevederile standard în vigoare, precum și de experiența lucrătorilor și cercetătorilor din sectorul de morărit-panificație, exprimată prin lucrări științifice în literatura de specialitate.

3. Cercetări privind influența adaosului de fibre solubile asupra reologiei aluatului, parametrilor tehnologici și calității pâinii

Proprietățile reologice au fost atent studiate cu instrumente moderne deoarece se consideră că acestea joacă un rol determinant în obținerea unei pâini de calitate.

3.1. Influența adaosului de fibre solubile asupra proprietăților reologice la întindere biaxială a aluatului

Curbele alveografice obținute pentru aluaturile obținute din făina F1, suplimentată cu diferite doze de Fibruline Instant, sunt prezentate în figura 3.1.

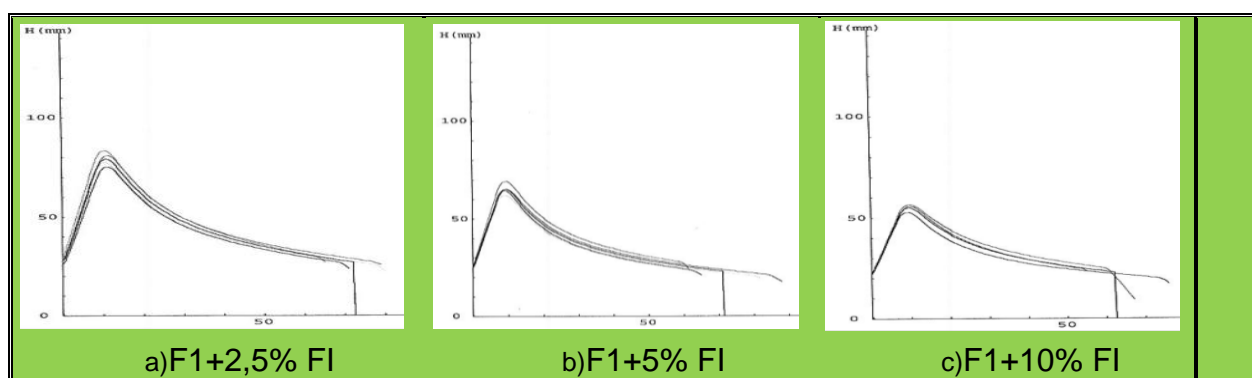


Figura 3.1. - Curbele alveografice obținute pentru aluaturile obținute din făina F1 suplimentată cu diferite doze de Fibruline Instant

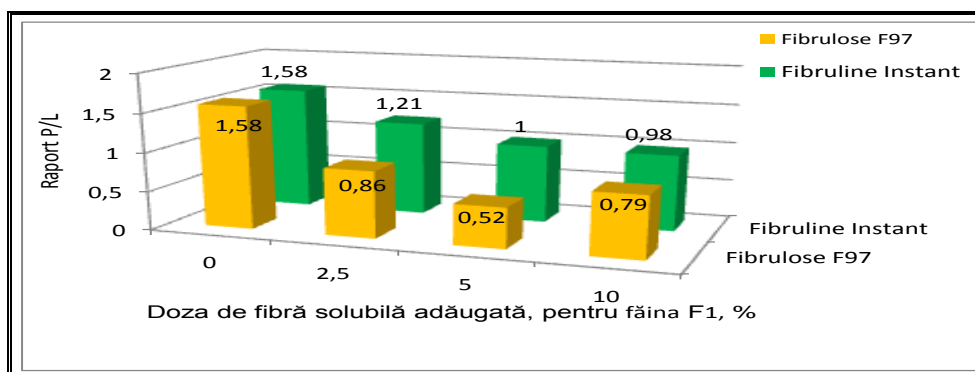


Figura 3.2 – Variația raportului P/L cu doza de fibră solubilă adăugată, pentru făina F1

Tabel 3.1 - Parametrii curbei alveografice pentru aluaturile obținute din făina F2 suplimentată cu diferite doze de Fibrulose F97

| Caracteristici | Doza de Fibrulose F97 adăugată, % | | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|------|------|------|
| | 0 (martor) | 2,5 | 5 | 10 |
| Presiunea maximă (P), mm | 103 | 89 | 57 | 50 |
| Extensibilitate (L), mm | 83 | 79 | 67 | 34 |
| Indice de umflare (G), mm | 20,3 | 19,8 | 18,2 | 13 |
| Energia, $W \cdot 10^{-4} J$ | 290 | 245 | 133 | 75 |
| Raport P/L | 1,24 | 1,13 | 0,85 | 1,47 |
| Indicele de elasticitate (Ie), % | 54,7 | 55,2 | 50,6 | 0 |

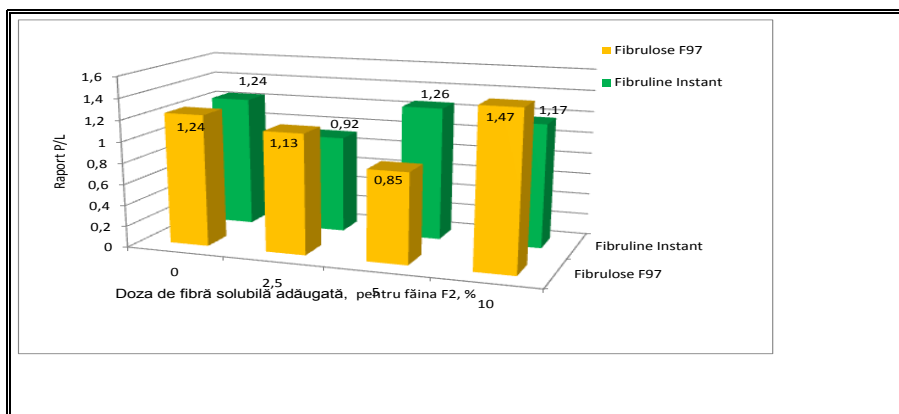


Figura 3.3 – Variația raportului P/L cu doza de fibră solubilă adăugată, pentru făina F2

Tabel 3.2 - Parametrii curbei alveografice pentru aluaturile obținute din făina F3 suplimentată cu diferite doze de Fibruline DS2

| Caracteristici | Doza de Fibruline DS2 adăugată | | | | |
|----------------------------------|--------------------------------|------|------|------|------|
| | 0 (martor) | 5 | 10 | 15 | 20 |
| Presiunea maximă (P), mm | 67 | 78 | 27 | 23 | 18 |
| Extensibilitate (L), mm | 103 | 89 | 38 | 33 | 26 |
| Indice de umflare (G), mm | 22,6 | 21 | 13,7 | 12,8 | 11,4 |
| Energia $W \cdot 10^{-4} J$ | 185 | 185 | 38 | 24 | 18 |
| Raport P/L | 0,65 | 0,88 | 0,81 | 0,70 | 0,69 |
| Indicele de elasticitate (Ie), % | 45,6 | 46,4 | 0 | 0 | 0 |

În urma analizei alveografice realizate pentru aluaturile studiate, obținute din făinurile cu adaos de fibre solubile, se pot trage următoarele concluzii:

- Rezistența aluatului scade prin adaos de fibre solubile, tenacitatea acestuia și valoarea energiei diminuându-se. Un rezultat asemănător au obținut și Collar Santos și Rosell [146]: adaosul de Fibruline (de la 1 la 5 %) nu are impact deosebit asupra extensibilității aluatului.
- Făina F1 (tip 650) și făina F2 (tip 550) au un comportament asemănător la suplimentarea cu diferite doze de fibre solubile. Ambele făinuri sunt de extracții mici și au același conținut de proteine (12%), conținut apropiat de cenușă și activitate amilazică redusă, ceea ce poate explica variația asemănătoare a extensibilității, presiunii maxime, energiei alveografice și a raportului P/L. Făina F3 (tip 800) este o făină semialbă, cu un conținut mai mare de minerale (0,80% față de 0,65% pentru făina F1 și 0,55% pentru făina F2).
- Diferențe cu importanță tehnologică și cu influență asupra reologiei aluatului apar din cauza prezenței în compoziția făinii tip 800 a unei cantități mai mari de glucide simple și celuloză precum și prezența unei cantități mai mici de amidon față de făinurile de extracție mai mică. Se pot explica astfel valorile mai mici ale parametrilor alveografici pentru făina F3 față de făinurile F1 și F2.
- Fibrele solubile cu care s-au suplimentat făinurile diferă prin gradul de polimerizare (lungimea catenei) precum și prin conținutul de glucide simple fermentescibile. Putem afirma în urma testelor efectuate cu ajutorul alveografului că fibrele solubile au influență atât prin cantitate cât și prin tipul acestora. Aplicate pe același tip de făină,

inulina cu grad de polimerizare mai mare (DP aproximativ 10), conduce, ca și oligofrucoza cu grad de polimerizare mai mic (DP maxim 10), la modificări nesemnificative ale parametrilor reologici la doze de până la 5%, în timp ce la doze de 10% conduc la înrăutățirea reologiei aluaturilor. Modificări reologice survin și în funcție de gradul de extracție al făinii, făina tip 650 cu un adaos de 2,5% fibre alimentare solubile are un comportament foarte asemănător cu cel al făinii tip 550, dar la alte valori.

-Datele obținute arată că adaosul de inulină nativă în aluat reduce presiunea la care bila de aluat, sub acțiunea gazelor de fermentare, se rupe, adică scade rezistența aluatului. Se admite că aluatul este o dispersie coloidală formată din faze hidrofile și faze lipofile menținute în echilibru de componenții săi tensioactivi. Acest echilibru, și în consecință, proprietățile aluatului, pot fi modificate de diferite adaosuri. Este posibil ca printre acestea să se numere și fibre solubile, ceea ce ar explica comportarea aluatului cu adaos de fibre solubile.

3.2. Studiul comportării la fermentare a aluatului preparat cu adaos de fibre solubile, folosind reofermentometrul

Studiul simultan al capacității aluatului de a produce și reține gazele de fermentare precum și măsurarea dezvoltării aluatului a fost realizat cu ajutorul reofermentometrului.

Curbele reofermentografice obținute pentru făina F1, la care se adaugă, în diferite procente, Fibruline Instant, sunt prezentate în figura 3.4.

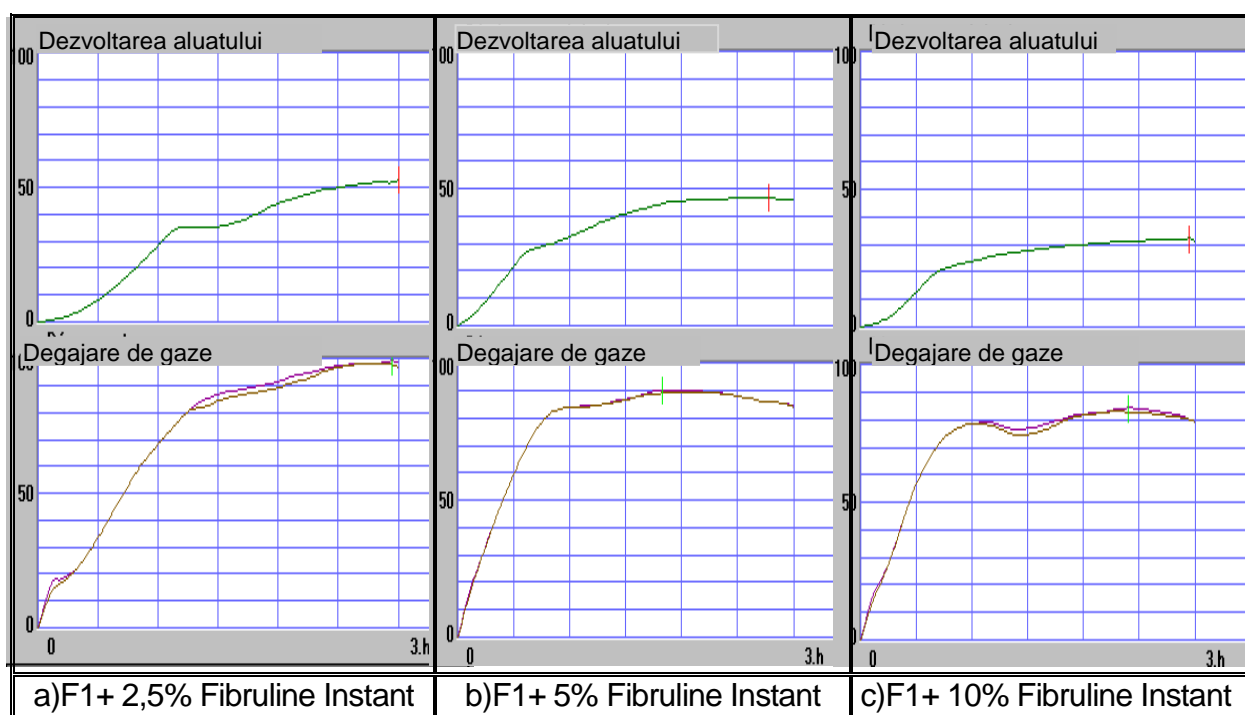


Figura 3.4 – Curbele reofermentografice pentru aluaturile obținute din făina F1 suplimentată cu diferite doze de Fibruline Instant

În urma analizei determinate cu ajutorul reofermentografului pentru aluaturile obținute din cele trei făinuri – F1, F2, F3 – la care s-au adăugat, în anumite procente, cele trei fibre solubile, se pot trage o serie de concluzii:

- Odată adăugate substanțe exogene, în aluat are loc o modificare a presiunii osmotice. Comportamentul celulelor de drojdie în funcție de presiunea osmotică este corelat cu gradul selectiv de permeabilitate al peretelui celular în ceea ce privește soluțiile. Această selectivitate controlează mișcările nutrienților în celulă. Nutrienții sunt prezenți în mediu sub formă de ioni, zaharuri sau aminoacizi. Permeabilitatea peretelui celular permite de asemenea eliminarea alcoolului și a dioxidului de carbon format în timpul fermentării.
- Concentrația mare de zaharuri, sărurile anorganice și alte săruri solubile inhibă fermentarea drojdiilor, ca rezultat al efectului produs de presiunea osmotică ridicată. Toate zaharurile fermentescibile încep să exercite un efect inhibitor asupra drojdiei când concentrația lor depășește 5% în aluat, cu un grad al inhibării care devine progresiv mai mare, pe măsură ce crește concentrația zaharurilor. Acest efect inhibitor este destul de pronunțat pentru adaosul de zaharuri precum fructoza.
- În cazul aluatului obținut cu adaos de fibre solubile se produce o cantitate de dioxid de carbon crescândă până la un anumit procent de fibre solubile adăugat, după care se observă o descreștere a volumului de gaze format.
- La aluaturile preparate cu concentrație mare de fibre solubile (10%, 20% fibre solubile) practic nu se înregistrează degajări mai mici de CO₂.
- Capacitatea de hidratare mai mare pentru făină poate fi un factor care contribuie la obținerea unor rezultate favorabile deoarece a condus la reducerea presiunii osmotice în aluat, favorabilă pentru celulele de drojdie.
- Ca urmare a reținerii gazelor de fermentare, aluatul își mărește volumul, dezvoltarea aluatului având loc pe cele trei direcții x, y, z. Pentru x și y constante, limitate de pereții vasului de fermentare, creșterea pe direcția z a înălțimii este funcție de cantitatea de gaze reținute de aluat, care la rândul său depinde de calitatea făinii din care s-a preparat aluatul, constantă în acest caz pentru toate probele. Putem spune că, creșterea în înălțime a aluatului este o măsură a cantității de gaze reținute, prin urmare și parametrii Hm, prezintă un trend similar cu cel al cantității de gaze formate.
- La adaosul de Fibruline instant și Fibrulose F97 volumul total de gaze și volumul reținut de gaze sunt superioare matorului, iar coeficientul de retenție este, practic, nemodificat.

3.3. Studiul proprietăților reologice ale aluatului cu adaos de fibre solubile la aparatul mixolab

Analiza complexă a comportării reologice a aluatului a fost realizată cu ajutorul aparatului mixolab. În urma analizei diagramei radiale și a curbelor mixolab pentru făinurile studiate suplimentate cu diferite doze de inulină sau oligofructoză se observă modificarea curbelor și parametrilor determinați de mixolab la adaosul de fibre solubile în făină.

În figurile sunt redate curbele determinate de mixolab pentru făina F1 suplimentată cu diferite doze de Fibrulose F97 și pentru făina F2 suplimentată cu diferite doze de Fibruline Instant.

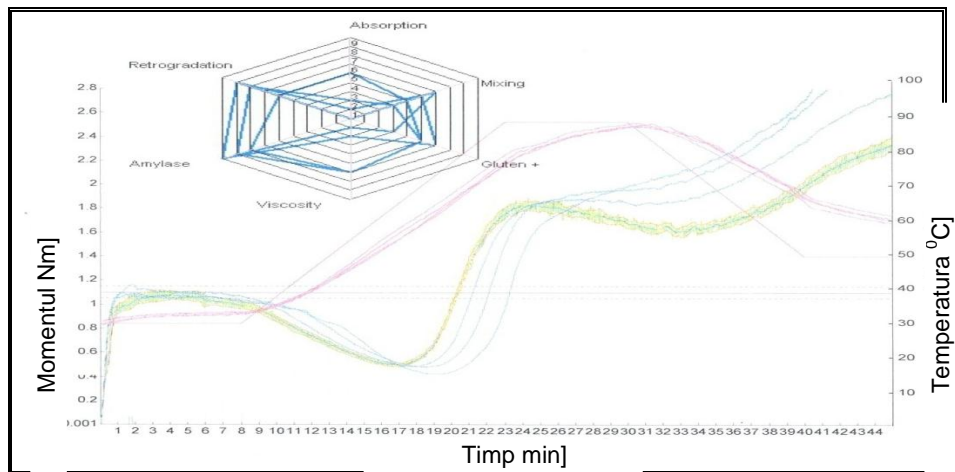


Figura 3.5– Digrama radială și curbele mixolab pentru făina F1 suplimentată cu diferite doze de Fibrulose F97

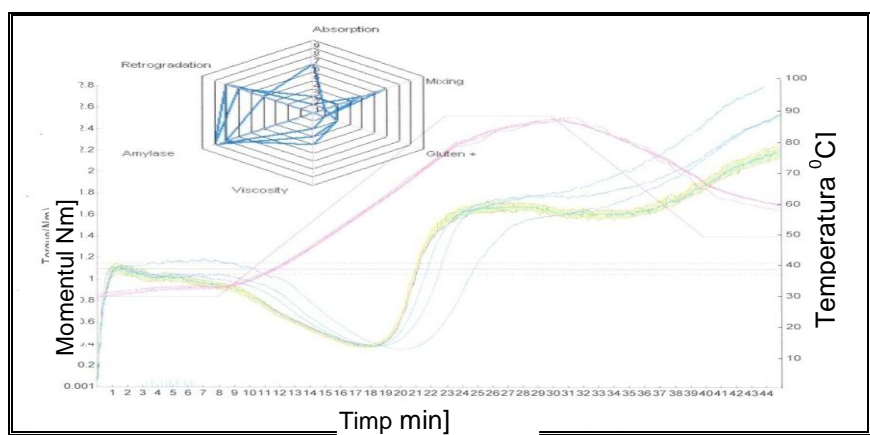


Figura 3.6 - Digrama radială și curbele mixolab pentru făina F2 suplimentată cu diferite doze de Fibruline Instant

Un parametru important pentru prelucrarea făinurilor îl reprezintă capacitatea de hidratare a aluatului. Pentru toate probele studiate se observă o scădere a capacității de hidratare a aluatului cu atât mai mare cu cât doza de fibre solubile adăugată este mai mare.

În figura este redată variația capacității de hidratare a făinii F1 cu doza de Fibruline Instant adăugată.

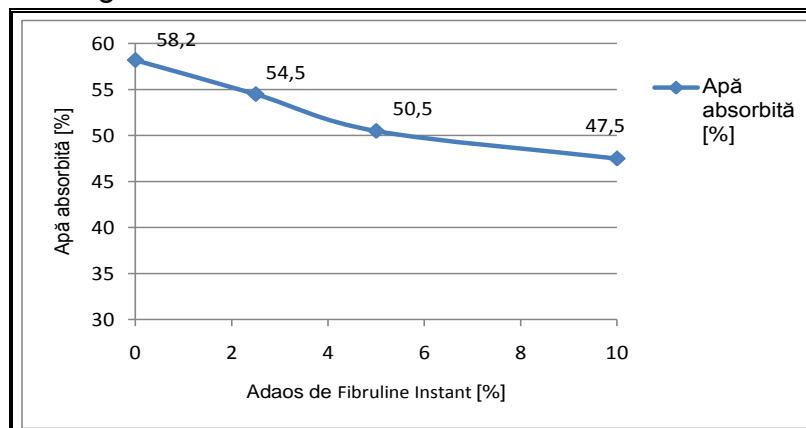


Figura 3.7 - Variația capacității de hidratare a făinii F1 cu doza de Fibruline Instant adăugată

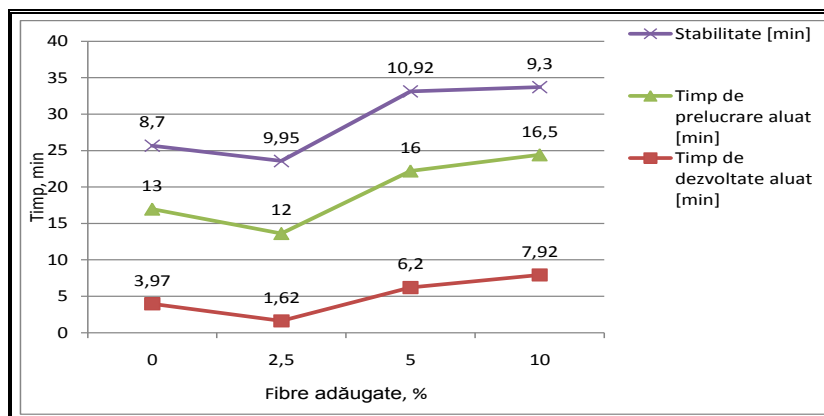


Figura 3.8 – Variația timpului de dezvoltare a aluatului, a timpului de prelucrare a aluatului și a stabilității aluatului în funcție de adaosul de Fibruline Instant pentru făina F1

Inulinei native și oligofruктоzelor cu lanț lung li se atribuie abilitatea de a avea proprietăți funcționale bune în aluat privind stabilitatea la căldură, formarea de emulsii, aerarea și abilitatea aluatului de a se întinde și cel mai important, îmbunătățirea texturii și a masticabilității produsului finit [26]. Inulina nativă și oligofruктоzele cu lanț lung pot forma porțiuni de gel cu textură asemănătoare grăsimilor și această caracteristică de texturizare în prezența apei este foarte importantă [27] și influențează, fără îndoială, comportarea reologică a aluatului cu adaos de inulină.

Și în cazul adaosului de Fibrulose F97 capacitatea de hidratare a aluatului scade pentru toate probele, ea fiind cu aproximativ 23,19% mai mică pentru doza de 10% Fibrulose F97 adăugată (figura 3.9).

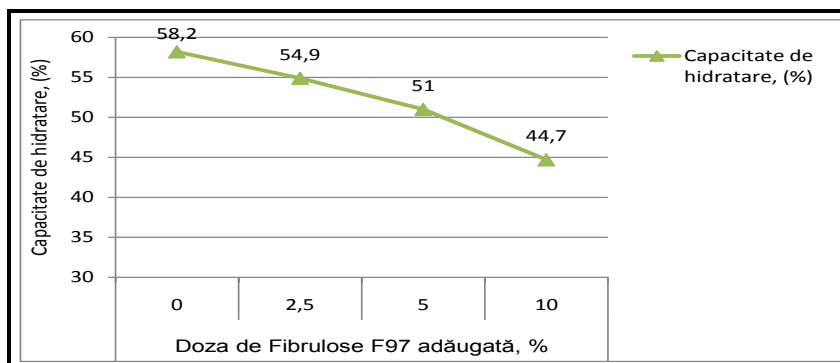


Figura 3.9 - Variația capacității de hidratare a făinii F1 cu doza de Fibrulose F97 adăugată

Se observă că ambele făinuri au un comportament asemănător pentru adaosul de inulină Fibruline Instant, stabilitatea aluatului crește la mărirea adaosului de fibre solubile în timp ce pentru hidratarea aluatului se observă o scădere mai mare cu cât doza de fibre solubile adăugata este mai mare.

În ceea ce privește efectul dozei de Fibruline Instant adăugată în cele două făinuri F1 și F2 asupra momentului opus de aluat C1 s-au înregistrat variații asemănătoare, cu o tendință pozitivă de creștere în raport cu doza de inulină nativă Fibruline Instant adăugată (figura 3.10).

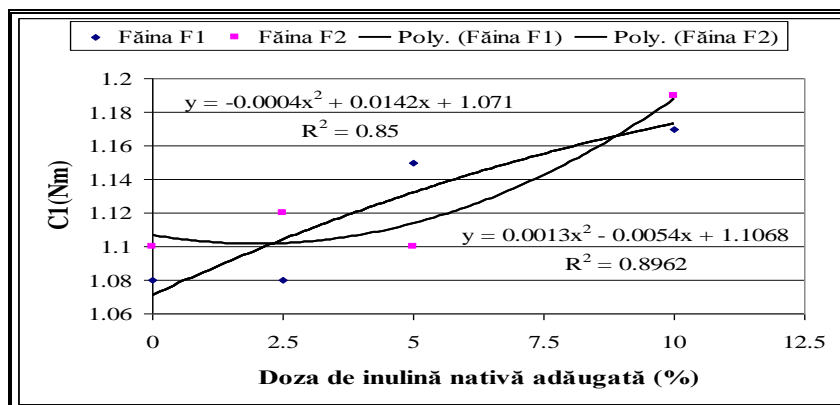


Figura 3.10 - Variația momentului opus de aluat (C1) în funcție de doza de Fibruline Instant adăugată în făina F1 și F2

Referitor la momentului opus de aluat (C2), se remarcă o scădere mai puțin sensibilă în cazul făinii F2 comparativ cu făina F1 așa cum reiese și din figura 3.11, deosebirea între cele două făinuri apare pentru doze de peste 5%.

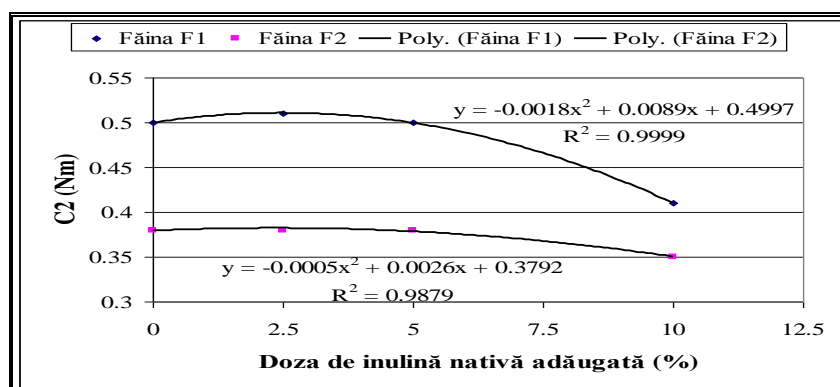


Figura 3.11 - Variația momentului opus de aluat (C2) în funcție de doza de Fibruline Instant adăugată în făina F1 și F2

În zona 3 a curbei Mixolab se înregistrează o scădere semnificativă a momentului opus de aluat (C3), proporțional cu doza de inulină nativă Fibruline Instant adăugată, similară scăderii înregistrate și în cazul făinii F1 (figura 3.12), valorile pentru F1 fiind însă mai mari față de F2. De asemenea, și scăderea momentului C2 peste doza de 5% este mai mare pentru F1, față de F2.

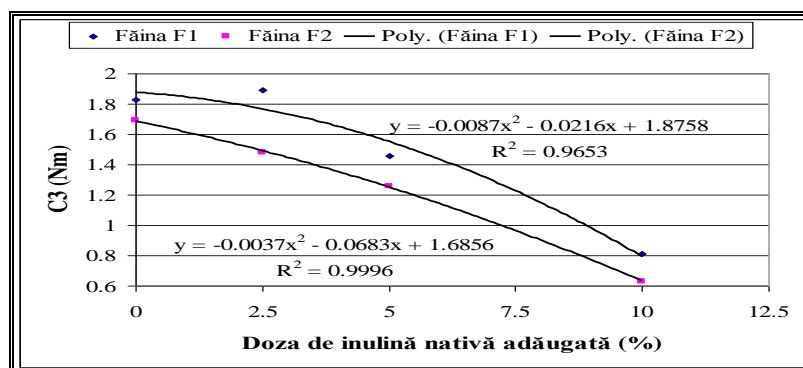


Figura 3.12 - Variația momentului opus de aluat (C3) în funcție de doza de Fibruline Instant adăugată în făina F1 și F2

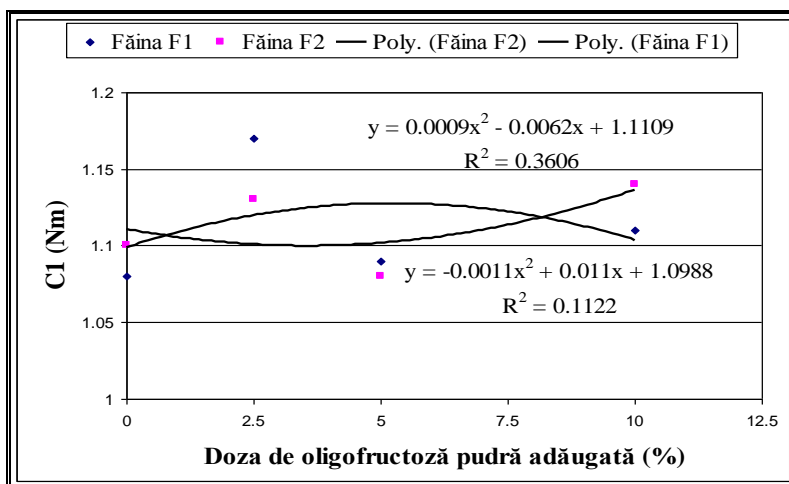


Figura 3.13 - Variația momentului opus de aluat (C1) în funcție de doza de Fibrulose F97 în făinurile F1 și F2

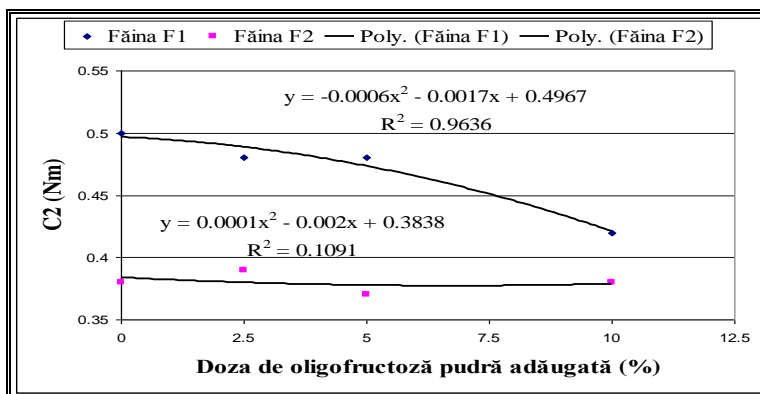


Figura 3.14 - Variația momentului opus de aluat (C2) în funcție de doza de oligofructoză Fibrulose F97 adăugată în făina F1 și F2

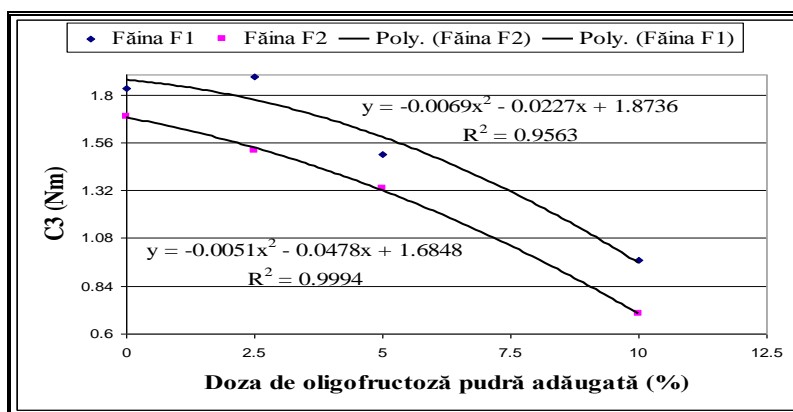


Figura 3.15- Variația momentului opus de aluat (C3) în funcție de doza de oligofructoză Fibrulose F97 adăugată în făinurile F1 și F2

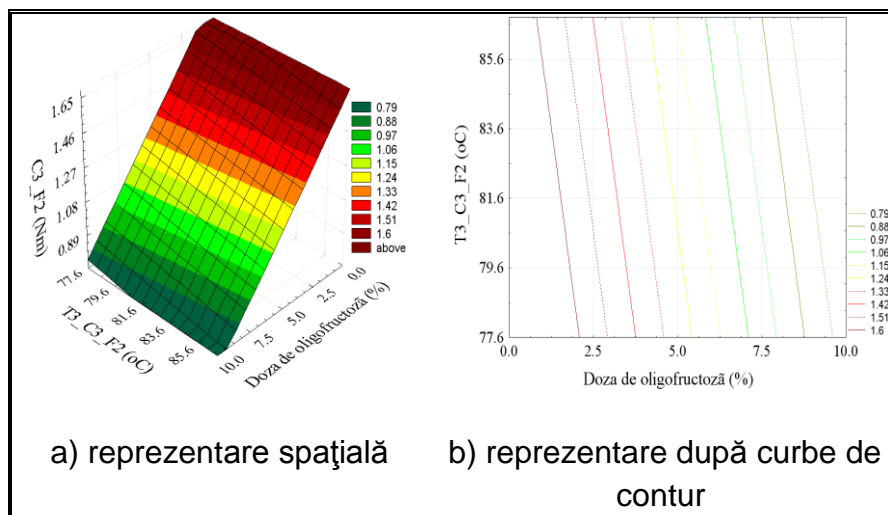


Figura 3.16 - Variația momentului opus de aluat la gelatinizarea amidonului (C3_F2) în funcție de doza de oligofrucoză adăugată și de temperatura aluatului la gelatinizarea amidonului pentru făina F2 (T_C3_F2)

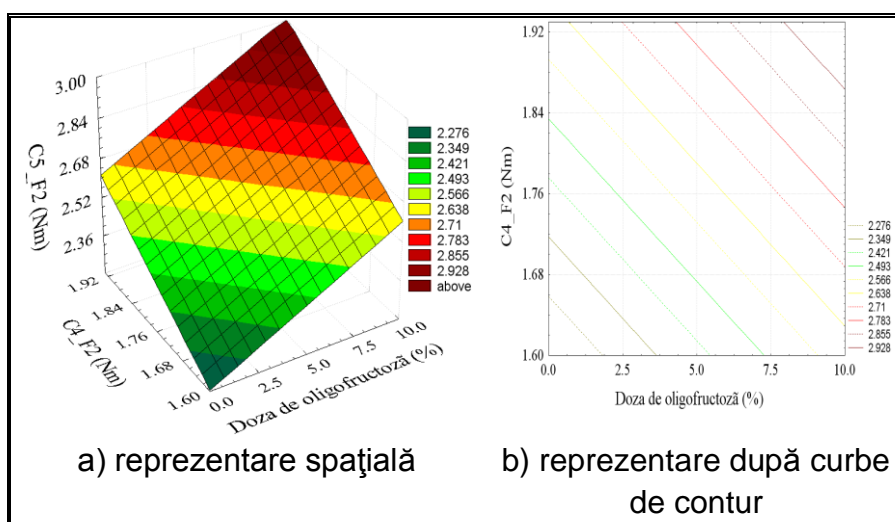


Figura 3.17 - Variația momentului opus de aluat la retrogradarea amidonului (C5_F2) în funcție de doza de oligofrucoză Fibulose F97 adăugată și momentul opus de aluat în zona de activitate amilazică pentru făina F2 (C4_F2)

Rezultatele obținute pentru făina F3 aditivată cu Fibruline DS2 sunt prezentate în figura 3.18.

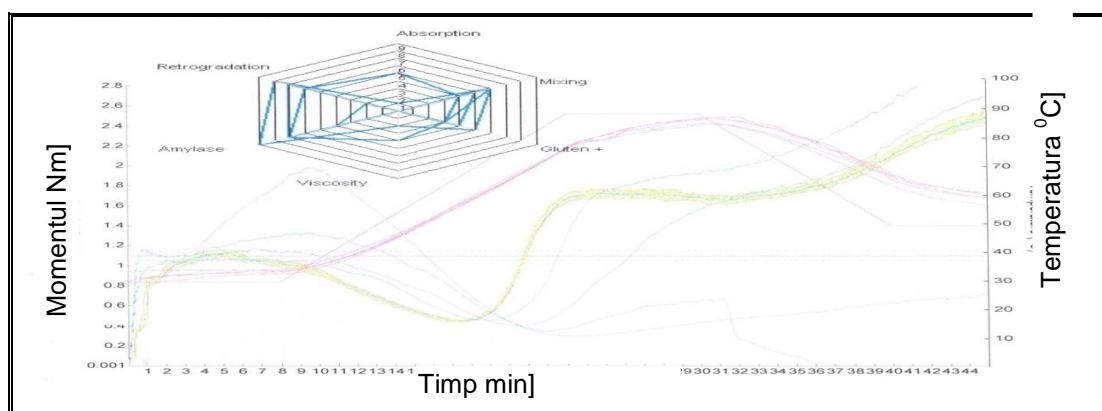


Figura 3.18 – Digrama radială și curbele mixolab pentru făina F3 suplimentată cu diferite doze de Fibruline DS2

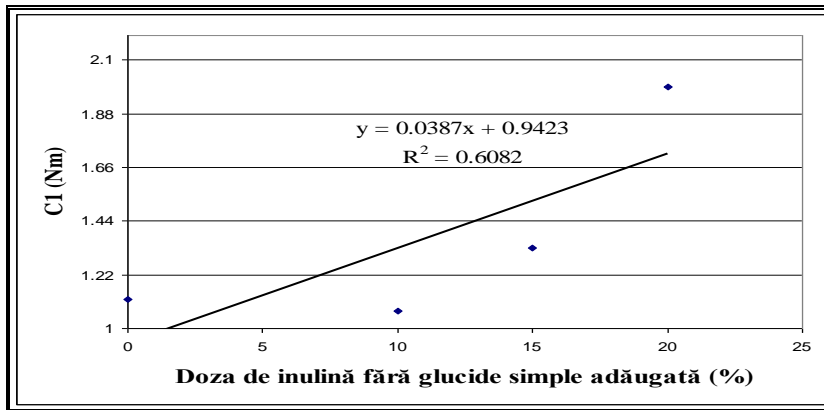


Figura 3.19 - Variația momentului opus de aluat (C1) în funcție de doza de Fibruline DS2 adăugată în făina F3

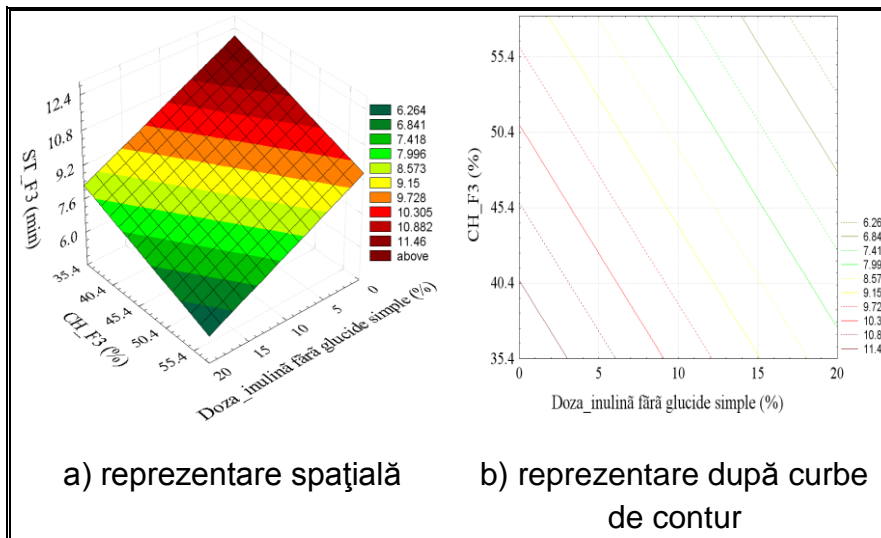


Figura 3.20 - Variația stabilității aluatului (ST_F3) în funcție de doza de Fibruline DS2 adăugată în făina F3 și capacitatea de hidratare (CH_F3)

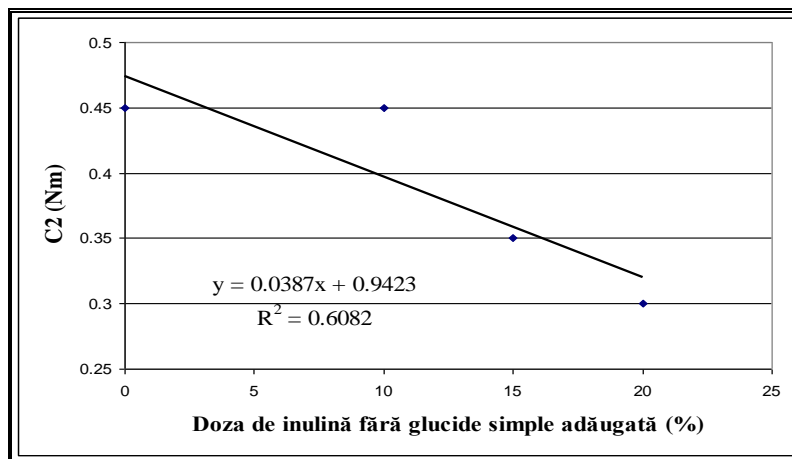


Figura 3.21 - Variația momentului opus de aluat (C2) în funcție de doza de Fibruline DS2 adăugată în făina F3

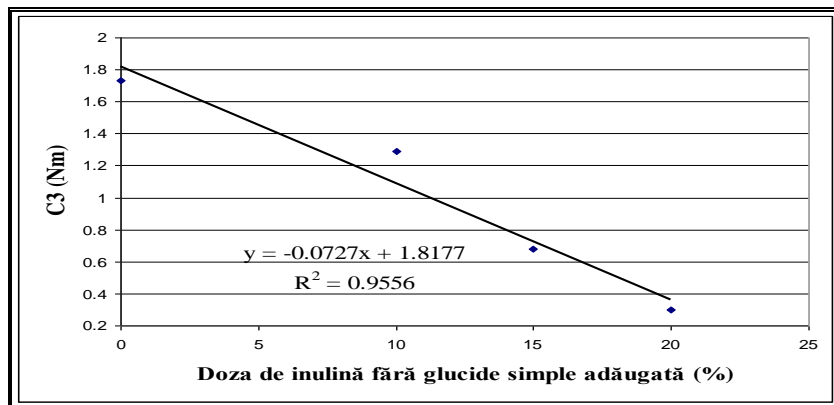


Figura 3.22 - Variația momentului opus de aluat (C3) în funcție de doza de Fibruline DS2 adăugată în făina F3

Odată cu creșterea dozei de Fibruline DS2 adăugată în F3 se înregistrează o scădere a temperaturii aluatului la gelatinizarea amidonului, concomitent cu scăderea momentului opus de aluat la gelatinizarea amidonului (figura 3.23).

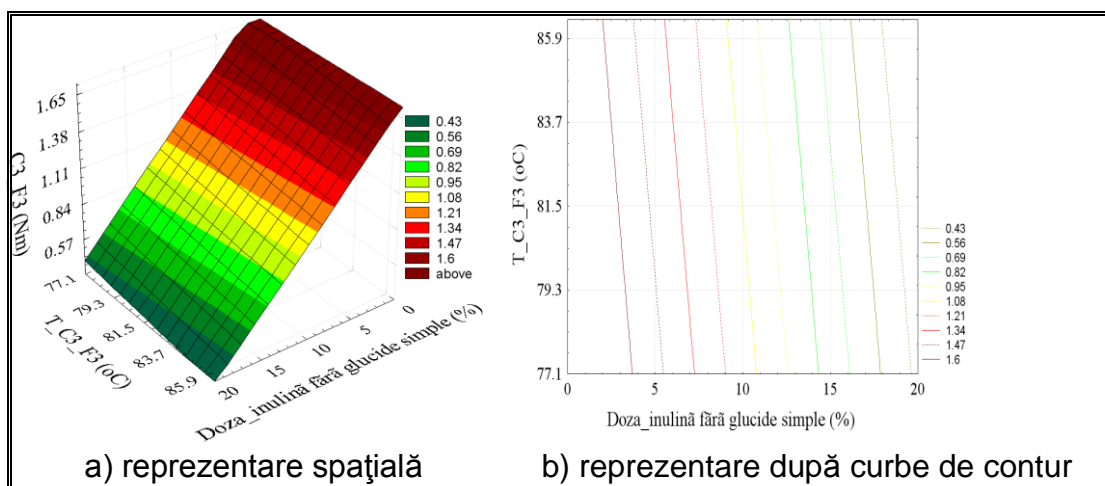


Figura 3.23 - Variația momentului opus de aluat la gelatinizarea amidonului pentru făina F3 (C3_F3) în funcție de doza de Fibruline DS2 adăugată și temperatura aluatului la gelatinizarea amidonului pentru făina F3 (T_C3_F3)

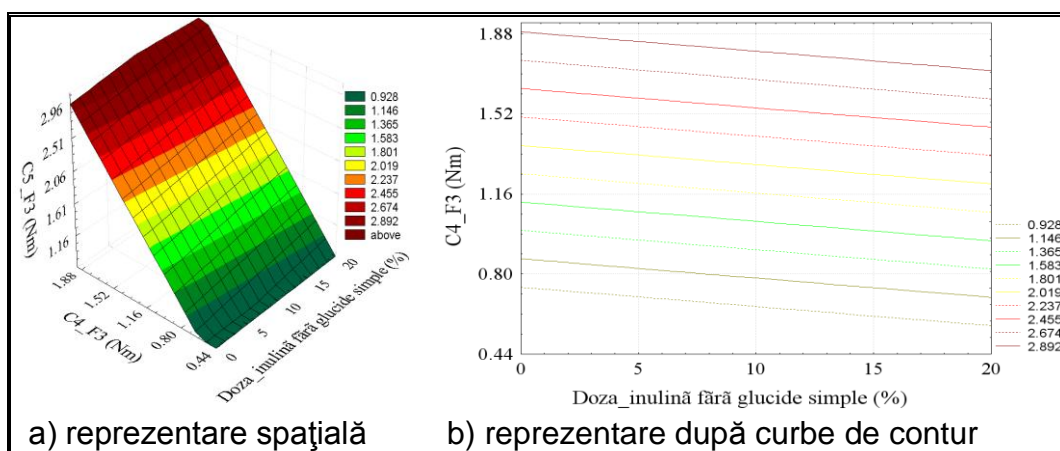


Figura 3.24 - Variația momentului opus de aluat la retrogradarea amidonului pentru făina F3 (C5_F3) în funcție de doza de Fibruline DS2 adăugată și momentul opus de aluat în zona de activitate amilazică (C4_F3)

Efectele asupra caracteristicilor vâsco-elastice studiate cu ajutorul mixolabului, ale aluaturilor obținute din cele trei tipuri de făină: 650, 550 și 800 suplimentate cu fibre solubile, au fost semnificative, astfel:

- Adaosul de fibre solubile a determinat scăderea capacității de hidratare a făinii pentru toate probele analizate, explicabilă prin proprietatea fibrelor solubile de a lega o cantitate mică de apă iar odată cu creșterea procentului de fibre solubile adăugat în aluat are loc o diminuare a procentului de proteine din aluat, principalul component al făinii responsabil de legarea apei la formarea aluatului. Inulina, pe lângă lanțuri formate din resturi de fructoză conține și molecule libere de fructoză, ceea ce poate explica scăderea absorbției apei de către făină la adaosul de fibre solubile prin creșterea presiunii osmotice, exterioare micelui proteic, ceea ce reduce absorbția osmotică a apei. Scăderea cantității de apă absorbită de aluat la frământare este aproximativ proporțională cu doza de inulină sau oligofructoză folosită. Ea scade cu atât mai mult cu cât adaosul este mai mare.
- Aluatul cu adaos de fibre solubile a prezentat în general o stabilitate mai mare pentru probele cu fibre solubile adăugate; datorită complexilor formați între moleculele de inulină și proteinele glutenice precum și interacțiunii dintre moleculele de inulină.
- Momentul opus de aluat C2 și C3 a scăzut cu creșterea dozei de fibre solubile adăugate cu atât mai mult cu cât gradul de extracție al făinii este mai mare.
- Creșterea dozei de inulină nativă adăugată în făină determină creșterea momentului opus de aluat - C4 și creșterea momentului de retrogradare - C5, pentru toate dozele de adaos folosite, o creștere mai mică fiind pentru 10% adaos. Valorile lui C5 se corelează în general cu valorile lui C3, o gelatinizare mai slabă a amidonului având drept consecință o retrogradare mai pronunțată a amidonului, fiind astfel de așteptat ca pâinea cu inulină să se învechească mai repede decât mărtoșul, fapt confirmat și de analiza senzorială a pâinii obținute.

3.4. Evaluarea relațiilor dintre parametrii aparatului mixolab și parametrii determinați la aparatele alveograf și reofermentograf

Am considerat utilă efectuarea unei analize privind corelarea dintre parametri determinați cu aparatul Mixolab și parametri determinați cu alte aparate de evaluare a comportamentului reologic al aluatului precum aparatul Alveograf și Reofermentograf, aparate utilizate în această lucrare. Pentru aceasta am utilizat ca metodă Analiza Componentelor Principale (PCA).

Prin aplicarea acestei tehnici de analiză multivariată are loc o reducere a numărului de variabile la un număr relativ mic de componente, necorelate între ele, numite componente principale, prin păstrarea a cât mai mult posibil din varianța datelor inițiale. Fiecare componentă principală (PC) este extrasă ca o combinație liniară de variabile inițiale.

Prima componentă principală (PC1) extrasă reprezintă combinația liniară de variabile care preia maximul posibil din varianța datelor inițiale, iar cea de-a doua componentă principală (PC2) preia o varianță mai mică decât prima componentă. Se vor alege doar componentele principale care au valorile proprii mai mari decât 1 [28] deoarece acestea aduc mai multe informații decât variabilele inițiale. Aceste valori proprii măsoară cantitatea de varianță explicată de fiecare componentă principală.

Numărul de componente alese trebuie să explice peste 70 % din variația totală a datelor [29]. Reprezentarea grafică permite vizualizarea relației dintre variabile și identificarea unor posibile grupuri de variabile.

3.4.1. Evaluarea relațiilor dintre parametrii aparatului mixolab și parametrii determinați la aparatul Alveograf

Rezultatele obținute în urma aplicării metodei PCA între parametrii aparatului Mixolab și parametrii aparatului Alveograf sunt redate grafic în figura 3.25.

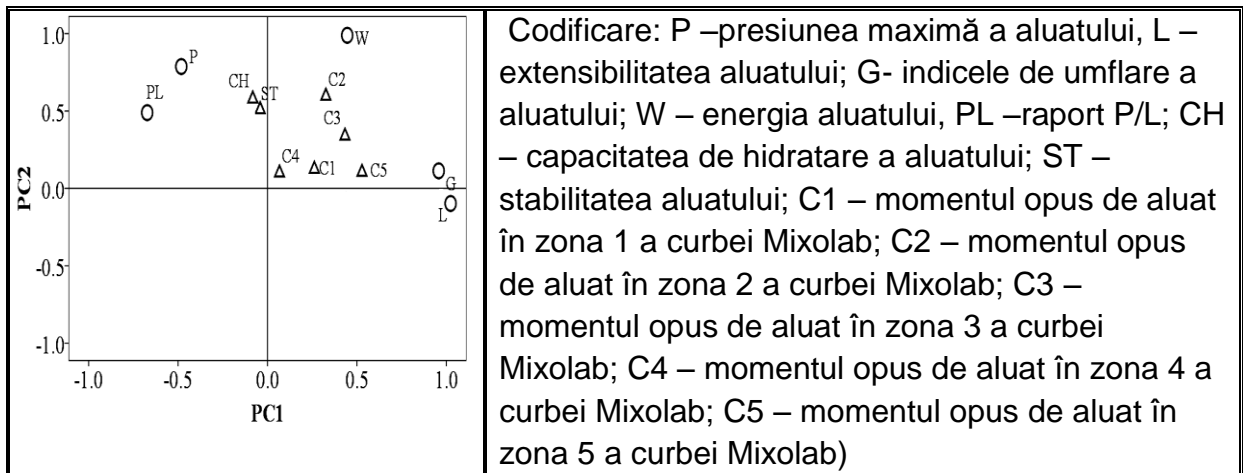


Figura 3.25 - Graficul scorurilor PC2 vs. PC1 în cazul analizei PCA a datelor obținute la aparatul Mixolab și Alveograf

3.4.2. Evaluarea relațiilor dintre parametrii aparatului mixolab și parametrii determinați la aparatul reofermentograf

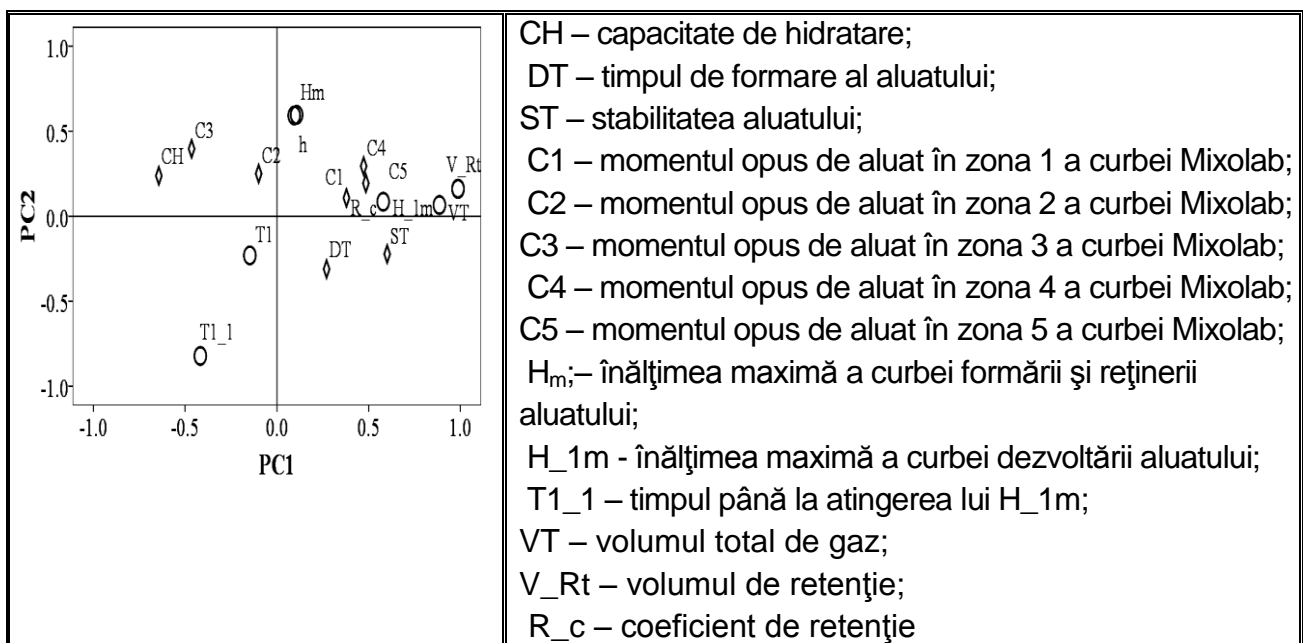


Figura 3.26- Graficul scorurilor PC2 vs. PC1 în cazul analizei PCA a datelor obținute la aparatul Mixolab și Reofermentograf

Rezultatele obținute în urma aplicării metodei PCA între parametrii aparatului Mixolab și parametrii aparatului Reofermentograf sunt redată grafic în figura 3.26. Primele două componente principale din analiza PCA explică 99,78% din variația datelor obținute (PC1 98,57%, PC2 1,21%).

Prin testarea comportării reologice cu aparatul Mixolab și Alveograf și prin testarea capacității făinii de a forma gaze la fermentare cu aparatul Reofermentograf a făinurilor suplimentate cu diferite doze de inulină s-au obținut date distincte dar complementare. Diferențele semnificative de valori sunt explicabile datorită tehnicilor diferite de înregistrare a rezultatelor. Spre exemplificare, din punct de vedere reologic la Alveograf aluatul este supus presiunii unui curent de aer, iar la Mixolab se măsoară momentul opus de aluat la frământare, la Alveograf un timp de fermentare este neexistent la Mixolab există o zonă de încălzire a aluatului etc. Din punct de vedere al Reofermentografului Chopin, acesta măsoară dezvoltarea probei de aluat care fermentează la parametrii impuși cu ajutorul unui senzor de presiune și determină cantitatea de gaze formate și reținute de aluat prin intermediul unui circuit pneumatic care măsoară creșterea presiunii gazelor de fermentare [30]. Totuși, există anumiți parametri determinați de aceste aparate între care se stabilesc corelații semnificative.

În cazul determinărilor experimentale la care s-a utilizat aparatul Mixolab și aparatul Alveograf s-au obținut prin metoda PCA corelații puternice între următorii parametri:

- corelații pozitive între parametrul alveografic W și parametrii Mixolab C2, CH și ST;
- corelații negative între parametrii alveografici L și G și parametrii Mixolab CH și ST;
- corelații pozitive între parametrii alveografici P și P/L și parametrii Mixolab CH, C2 și ST.

În urma evaluării comportării reologice cu aparatul Mixolab și a capacității făinii de a forma și de a reține gazele de fermentare și a dezvoltării aluatului cu ajutorul aparatului Reofermentograf s-au obținut corelații bune între următorii parametri:

- corelații pozitive între parametrul Mixolab ST și parametrii Reofermentograf V_Rt, respectiv VT;
- corelații negative între parametrii Mixolab DT și ST și parametrul Reofermentograf T₁.

3.5. Influența adaosului de fibre solubile asupra calității pâinii

Prin analiza senzorială, se apreciază aspectul exterior al pâinii, simetria formei, volumul, culoarea și structura cojii, culoarea, elasticitatea și porozitatea miezului, gustul, mirosul, semnele de alterare microbiană și prezența corpurilor străine. Produsele de panificație trebuie să fie optime din punct de vedere senzorial, aceste proprietăți influențând decisiv alegerea acestora de către consumatori.

Analiza pâinii obținute din făinurile studiate cu adaos de fibre solubile s-a făcut la 3 ore de la scoaterea din cuptor.

a) Profilul senzorial al pâinii obținute

Pentru determinarea profilului senzorial a fost efectuată o ședință de degustare la care au participat 10 degustători și s-a urmărit aprecierea mai multor parametri senzoriali: culoarea cojii, aspectul exterior, aspectul în secțiune, miros, gust, acceptabilitatea generală. Indicii calitativi urmăriți au fost notați cu cifre de la 0 la 10,

când pâinea este de calitate superioară nota acordată este maximă iar pe măsură ce calitatea scade se reduce valoarea acesteia în mod corespunzător.

Rezultatele analizei pâinii obținute din făina tip 650 cu adaos de inulină Fibruline Instant și oligofructoză Fibrulose F97 sunt reprezentate în figura 3.27.

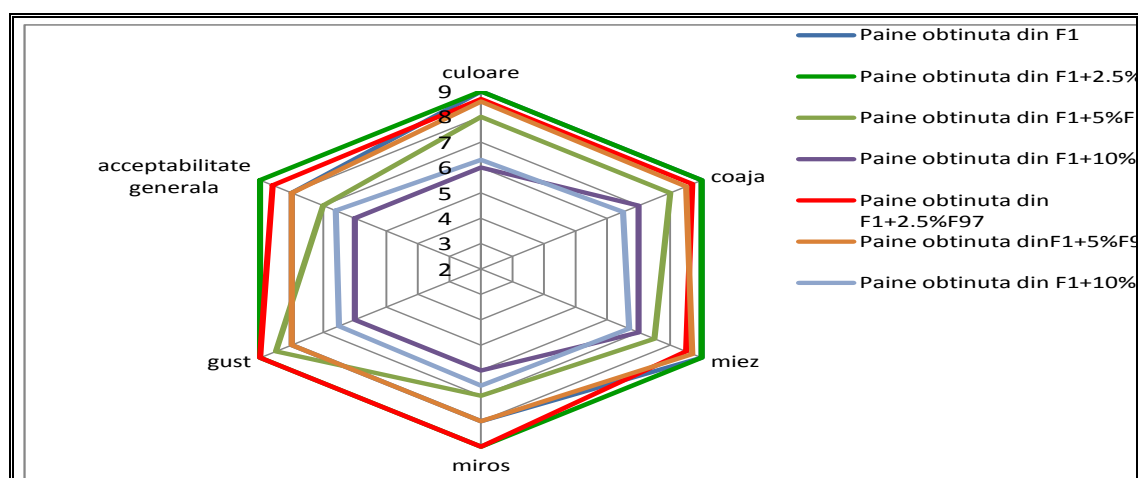


Figura 3.27 – Profilul senzorial al pâinii obținute din făina tip 650 (F1) cu adaos de Fibruline Instant și Fibrulose F97

Rezultatele analizei pâinii obținute din făina tip 550 cu adaos de inulină Fibruline Instant și oligofructoză Fibrulose F97 sunt reprezentate în figura 3.28.

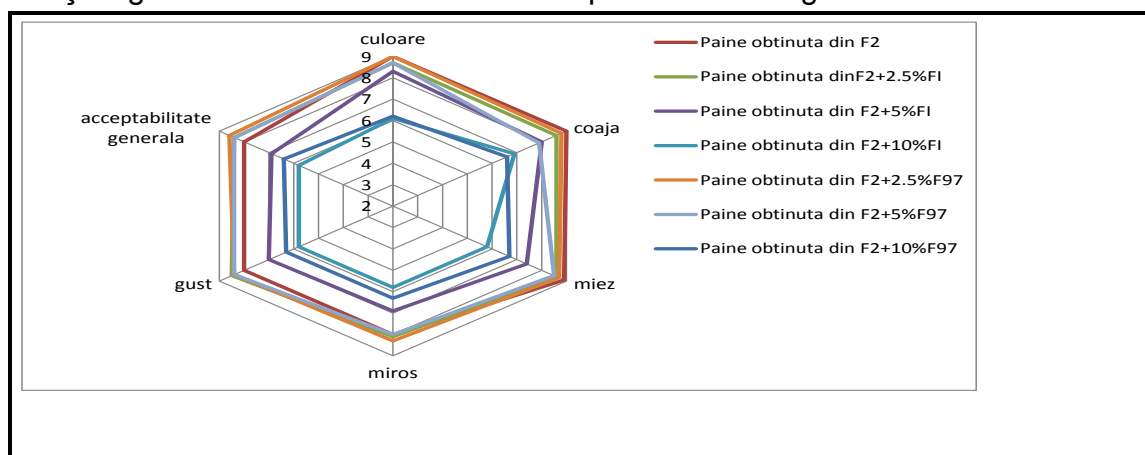


Figura 3.28 – Profilul senzorial al pâinii obținute din făina tip 550 (F2) cu adaos de Fibruline Instant și Fibrulose F97

Culoarea mai intensă a pâinii obținute cu adaos mai mare 5% fibre solubile poate fi explicată prin intensificarea reacției Maillard și a caramelizării glucidelor simple mai abundente în alaturile cu adaos crescând de Fibruline Instant și Fibruline F97.

Pâinea obținută cu adaos de 2,5% fibre solubile are miez cu pori mici și uniformi spre deosebire de produsele obținute cu adaos de 5% și 10% fibre solubile care s-au caracterizat printr-o porozitate grosieră, cu pori mari, neregulați.

b) Volumul pâinii analizate s-a efectuat cu ajutorul aparatului Fornet prin măsurarea volumului de semințe de rapiță dislocuit de pâinea analizată.

În figura 3.29 este redată variația volumului specific al pâinii obținute cu făinurile de extracție mică, făină tip 650 (F1) și făină tip 550 (F2) cu adaos de fibre solubile.

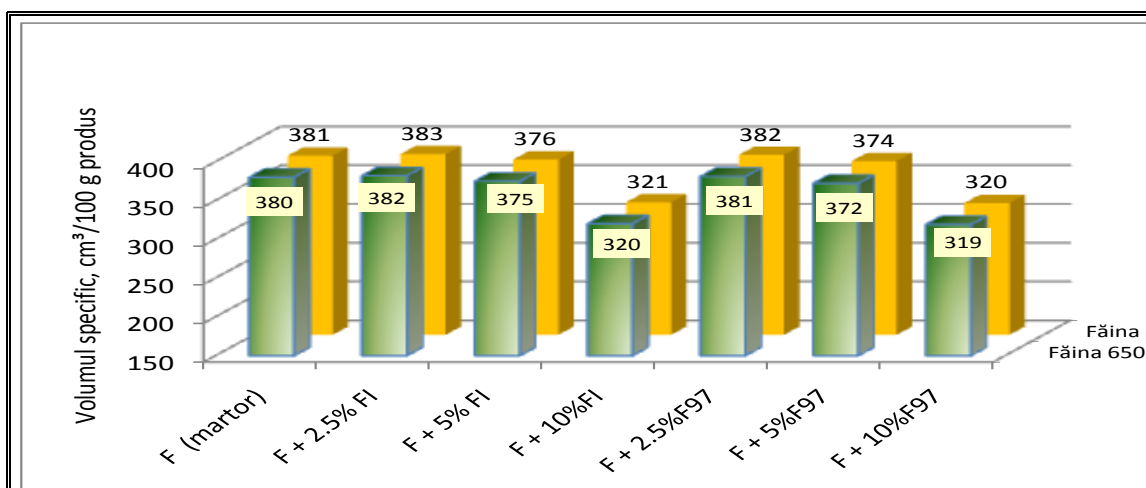


Figura 3.29 - Variația volumului specific al pâinii pentru făina (F) tip 650 și făina tip 550 cu adaos de fibre solubile (FI – Fibuline Instant, F97 – Fibulose F97)

Wang și colaboratorii [31] au obținut în urma testelor efectuate, pâine acceptabilă, cu reducerea volumului specific, la un adaos de 3% inulină. Korus și colaboratorii [32] au raportat un rezultat similar într-un studiu pentru obținerea unei pâini aglutenice suplimentată cu prebiotice, în care pâinea aglutenică cu parametrii cei mai satisfăcători s-a realizat la un adaos în rețetă de 5% inulină.

Concluziile diferite ale diferiților cercetători referitoare la impactul fibrelor asupra parametrilor calitativi ai produselor de panificație, survin de la faptul că fiecare autor folosește propria rețetă pentru pâinea cu fibre și alt tip de inulină ce diferă prin lungimea lanțului catenic și concentrația în glucide simple.

c) Elasticitatea miezului are la bază determinarea compresibilității și relaxării miezului prin presarea în anumite condiții și măsurarea înălțimii la care revine după înlăturarea forței de presare.

Așa cum se observă din figurile 3.30 și 3.31 creșterea procentului de fibre solubile adăugat în aluat a determinat o scădere a elasticității și porozității pâinii.

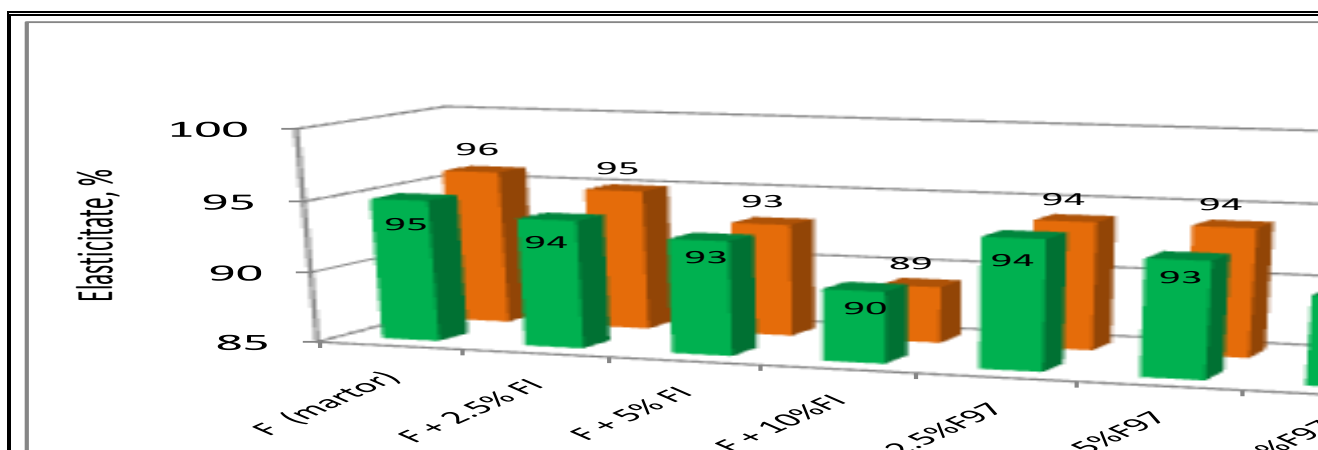


Figura 3.30 - Variația elasticității pâinii obținute din făină tip 650 și făină tip 550, cu adaos de fibre solubile

d) Porozitatea pâinii este un parametru fizico-chimic important în analiza senzorială a unui produs de panificație care aduce informații nu numai asupra volumului total al porilor din miezul analizat ci și asupra gradului de asimilare a acesteia, prin analiza structurii și grosimii porilor, uniformității acestora etc.

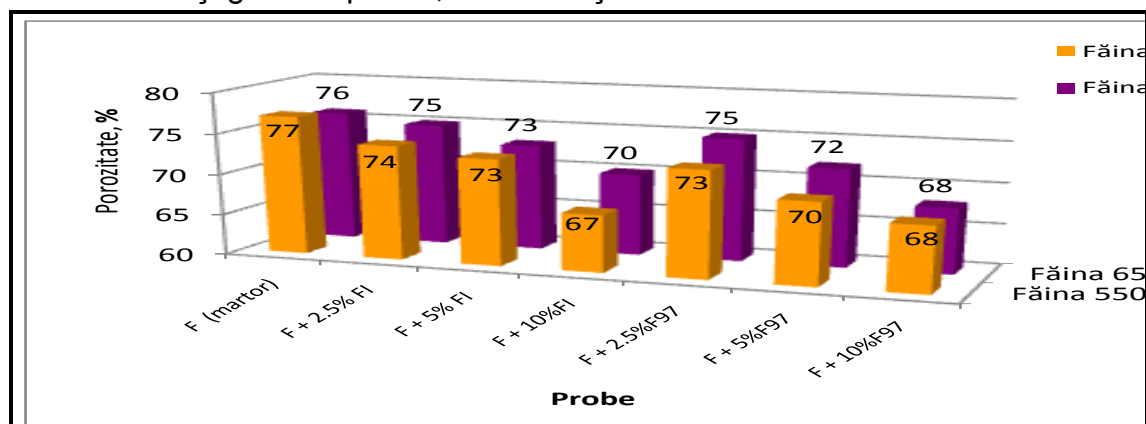


Figura 3.31 - Variația porozității pâinii obținute din făină tip 650 și făină tip 550 cu adaos de fibre solubile

Atât porozitatea cât și elasticitatea sunt exprimate procentual, cu cât valoarea lor este mai mare cu atât se consideră că produsele de panificație sunt mai bune calitativ și sunt mai apreciate de către consumatori.

Produsele de panificație obținute din făină cu adaos de fibre solubile prezintă variații ale caracteristicilor senzoriale în funcție de procentul de fibră utilizat cât și de tipul fibrei solubile alese. Toate probele analizate au avut o ușoară reducere a volumului pentru doze de inulină Fibruline Instant și oligofructoză Fibrulose F97 de 2,5% și 5% și au prezentat volume minime la doze de 10%.

Culoarea cojii a fost cu atât mai pronunțată cu cât doza de fibre utilizată a fost mai mare, aspect ce poate fi direct legat de cantitatea crescândă de glucide reducătoare capabile să intensifice reacția Maillard și să se caramelizeze oferind cojii o culoare din ce în ce mai închisă.

Creșterea procentului de fibre solubile adăugat în aluat a determinat o scădere a elasticității și porozității pâinii. În urma analizei senzoriale produsele de panificație cu adaos de fibre solubile sunt foarte bine sau bine acceptate de către consumatori, doza optimă de fibre solubile nefiind mai mare de 5% față de făină. Adaosul de 10% fibre solubile a condus la obținerea unor produse cu indici calitativi mici și la o dezapreciere senzorială din partea consumatorilor.

Apreciez că se poate utiliza un procent de maxim 10% fibre solubile pentru obținerea unor produse de panificație, mărirea adaosului de fibre solubile conducând la deprecierea calitativă accentuată a produselor finite.

3.6. Posibilități de obținere a pâinii hipoglicidice folosind fibrele solubile

Deoarece Fibruline DS2 are un conținut redus de glucide reducătoare (2%) am urmărit obținerea de produse de panificație din făina de grâu și fibre solubile, cu

conținut redus de glucide digeribile, care să fie destinate consumatorilor cu o dietă hipoglicemică, a supraponderalilor, a bolnavilor de diabet etc.

Profilul senzorial al pâinii obținute din făina tip 800 F3 cu adaos de inulină Fibruline DS2 este redat în figura 3. 32.

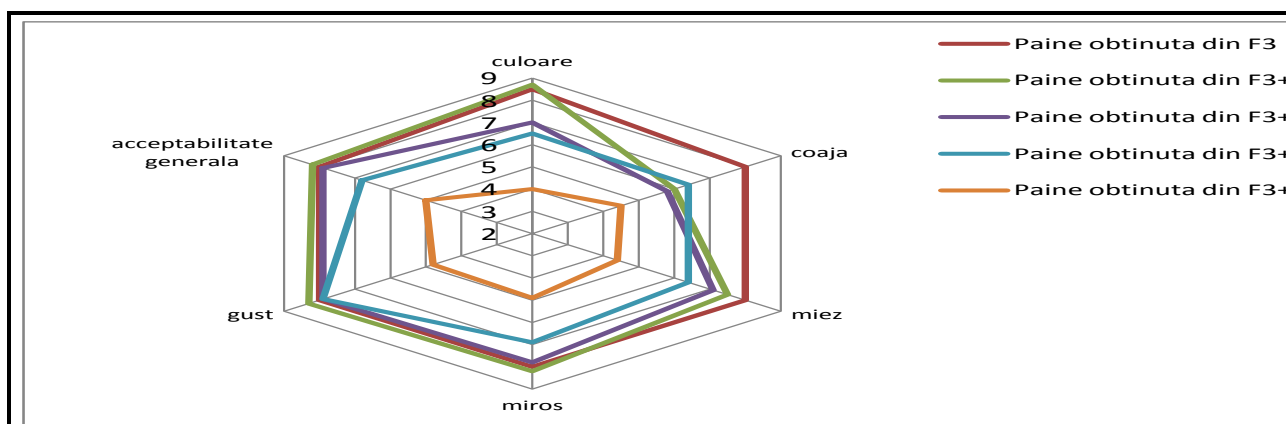


Figura 3.32 – Profilul senzorial pentru pâinea din făina 800 cu adaos de Fibruline DS2

Cu cât adaosul de fibre este mai mare cu atât porii miezului sunt mai grosieri, neregulați cu vacuole mari.

Volumul specific al pâinii, porozitatea și elasticitatea miezului sunt reprezentate în figura 3.33 și în figura 3.34.

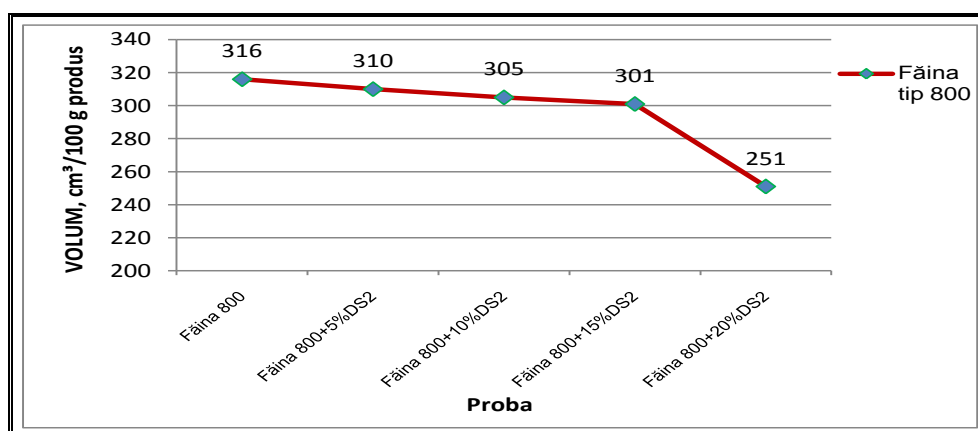


Figura 3.33 - Variația volumului specific al pâinii pentru făina tip 800 cu adaos de Fibruline DS2

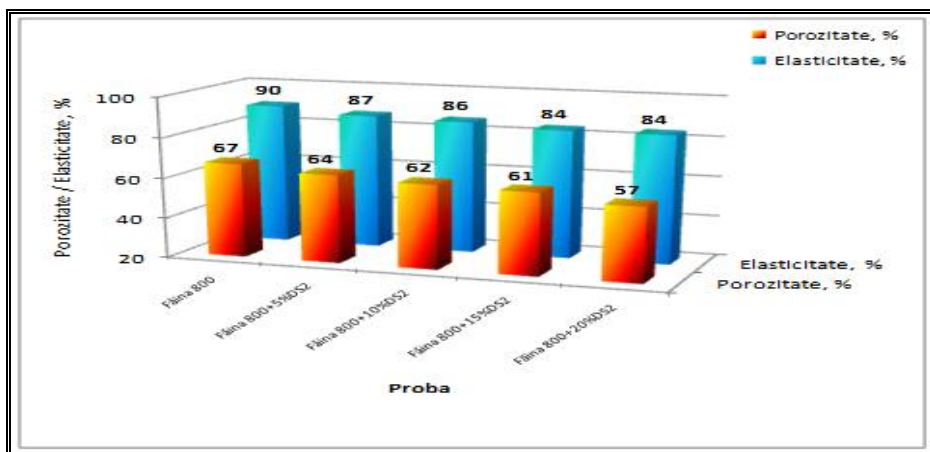


Figura 3.34 - Variația porozității și elasticității pâinii pentru făina tip 800 cu adaos de Fibruline DS2

Tabel 3.3– Conținutul de glucide, fibre totale și fibre solubile în probele de pâine din făina tip 800 cu adaos de Fibruline DS2

| Proba analizată | Glucide, % | Fibre totale, % | Fibre solubile, % |
|--|------------|-----------------|-------------------|
| Pâine obținută din făina F3 | 49,70 | 0,21 | - |
| Pâine obținută din făina F3 cu 5% Fibruline DS2 | 47,41 | 9,6 | 9,40 |
| Pâine obținută din făina F3 cu 10% Fibruline DS2 | 44,91 | 15,7 | 15,51 |
| Pâine obținută din făina F3 cu 15% Fibruline DS2 | 42,42 | 21,7 | 21,52 |
| Pâine obținută din făina F3 cu 20% Fibruline DS2 | 40,42 | 27,8 | 27,63 |

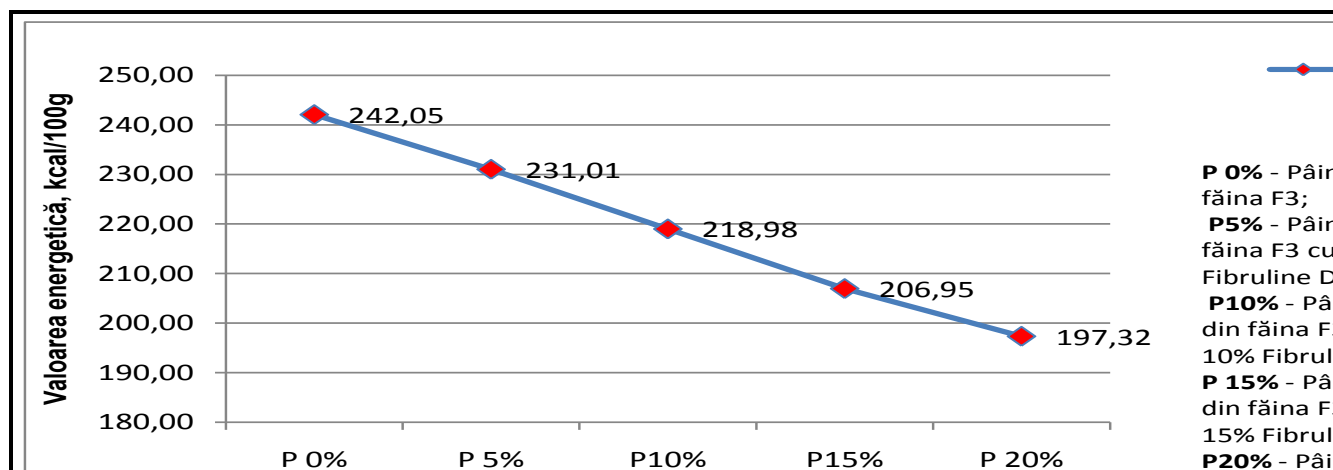


Figura 3.35 – Variația valorii energetice pentru probele de pâine obținute din făina tip 800

Valoarea energetică medie a pâinii martor obținute din făina tip 800 este de 242.05 Kcal/100 g, respectiv 1011,75KJ/100 kg produs. Prin adaosul fibrelor solubile reprezentate de Fibruline DS2 valoarea energetică înregistrează o diminuare în funcție de doza de inulină adăugată. Valoarea cea mai mică de 197,32 Kcal (824,79 KJ) pentru 100 grame produs se obține pentru un adaos de 20% Fibruline DS2.

Odată cu adaosul de fibre solubile Fibruline DS2 în făină se observă o diminuare a procentului de proteine și lipide din pâine.

Produsele obținute cu adaos de Fibruline DS2 au un conținut mai mic de glucide, conținut mai mare de fibre totale și fibre solubile, precum și o valoare energetică mai mică față de martor, ceea ce le recomandă ca produse pentru diabetici, pentru consumatorii atenți la alimentația sănătoasă sau pentru cei care urmează anumite diete hipocalorice.

Apreciez că se poate utiliza un procent de maxim 20% fibre solubile pentru obținerea unor produse de panificație hipocalorice din făina semialbă tip 800, mărirea adaosului de fibre solubile conducând la deprecierea calitativă accentuată a produselor finite.

3.7. Influența adaosului de Fibruline Instant și Fibrulose F97 asupra conținutului mineral al pâinii

Rezultatele obținute în urma analizei probelor de pâine obținute din făinurile F1 și F2 aditivat cu Fibruline Instant și Fibrulose F97 sunt prezentate în graficele 3.36, 3.37, 3.38 și 3.39.

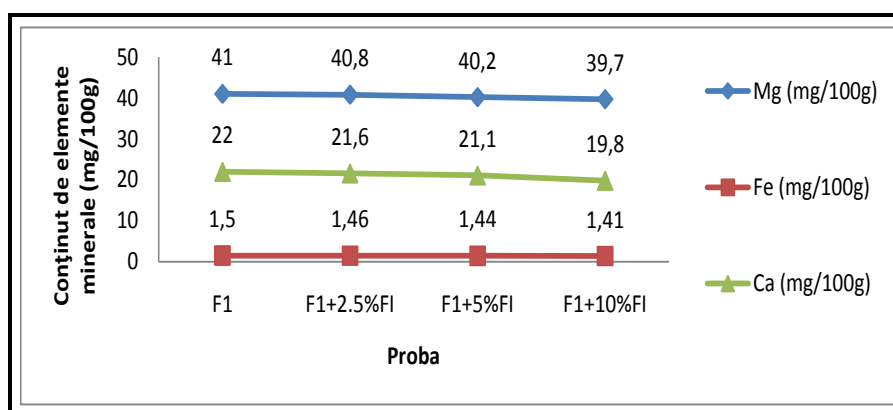


Figura 3.36 - Influența adaosului de Fibruline Instant asupra conținutului de Ca, Mg și Fe în pâinea obținută din făina F1 tip 650

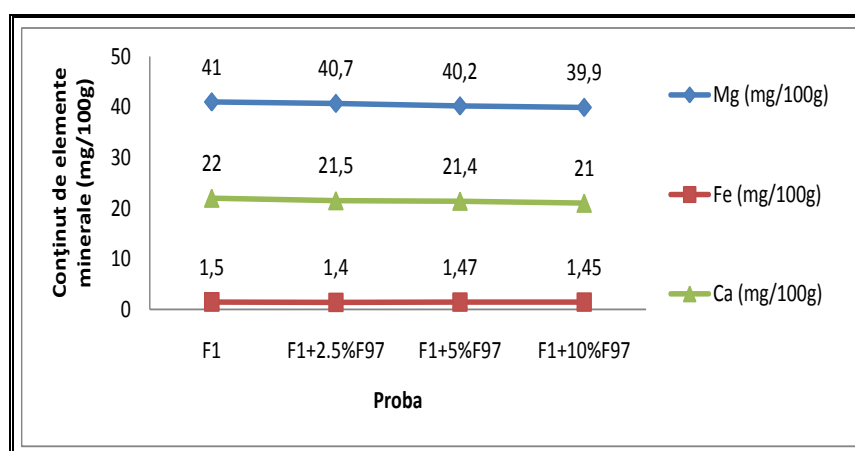


Figura 3.37- Influența adaosului de Fibrulose F97 asupra conținutului de Ca, Mg și Fe în pâinea obținută din făina F1 tip 650

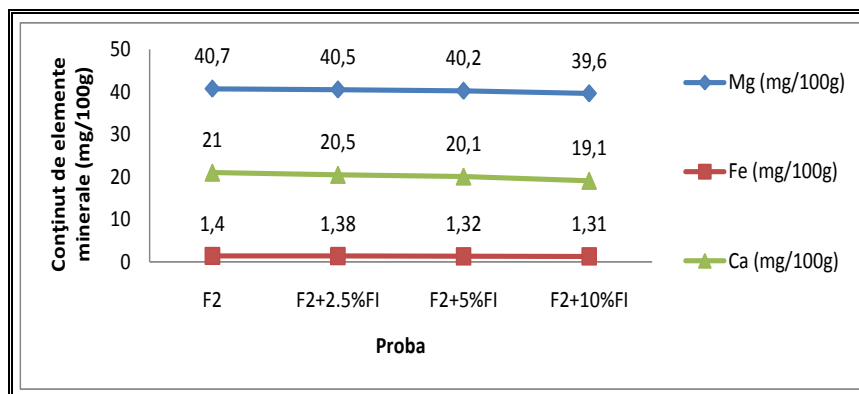


Figura 3.38 - Influența adaosului de Fibruline instant asupra conținutului de Ca, Mg și Fe în pâinea obținută din făina F2 tip 550

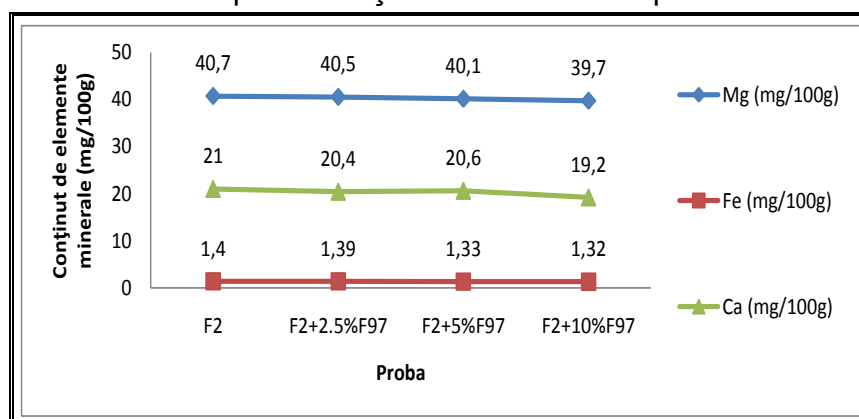


Figura 3.39 - Influența adaosului de Fibrulose F97 asupra conținutului de Ca, Mg și Fe în pâinea obținută din făina F2 tip 550

Așa cum rezultă din datele prezentate în graficele 3.48 – 3.51, atât la adaosul de inulină Fibruline Instant, cât și la adaosul de oligozaharide Fibrulose F97, conținutul în Ca, Mg și Fe al pâinii se modifică, creșterea dozei de fibre solubile adăugate duce la diminuarea aproape proporțională a procentului de minerale Ca, Mg și Fe din pâine.

Au loc scăderi aproximativ lineare ale conținutului de Ca, Mg și Fe odată cu creșterea dozei de fibră solubilă adăugată, mai pronunțat pentru adaosurile de 5 și 10%, ceea ce arată că acestea nu conțin minerale sau îl conțin în proporții mai mici decât făina de grâu.

Acest rezultat se poate datora faptului că aportul de minerale al fibrelor adăugate este mai mic față de cel din făină.

3.8. Optimizarea compoziției amestecului din făină de grâu și fibre solubile pentru îmbunătățirea calității pâinii prin metoda experimentelor programate

3.8.1. Proiectarea experimentului: aspecte introductive

Proiectarea unui amestec optim de făină de grâu și adaos de fibre solubile pentru îmbunătățirea calității pâinii care să aibă indici fizici la valori optime constituie un obiectiv esențial al cercetării desfășurate pentru elaborarea tezei de doctorat. În acest sens am aplicat o abordare sistematică de investigare a procesului, bazată pe proiectarea statistică a experimentelor (DOE - Design of Experiments). Utilizarea

acestei tehnici necesită dezvoltarea unui model de proiectare care permite evaluarea indicilor calitativi ai produsului finit în funcție de factorii care îl influențează.

În etapele experimentului (în analiza statistică a modelelor matematice) se utilizează ca proceduri statistice analiza de varianță (Analysis of Variance - ANOVA) și analiza de regresie (Regression Analysis).

3.8.2. Modelarea și evaluarea modelului răspunsului

Introducerea de inulină în aluat conduce la o scădere a capacității de hidratare a aluatului [33]; [34]; [35] cu atât mai mult cu cât doza de inulină adăugată este mai mare, probabil datorită glucidelor și oligoglucidelor cu masă moleculară mică din structura inulinei care reduc consistența aluatului [36]. Studiile au arătat că la doze mari de fibre solubile adăugate în aluat se obțin produse de panificație cu volum scăzut datorită reducerii conținutului procentual de gluten din aluat care implicit conduce la reducerea capacității aluatului de a reține gazele de fermentație. O serie de cercetări au arătat că volumul pâinii descrește cu creșterea dozei de inulină incorporată ([37]; [38]; [35]) cu atât mai mult cu cât gradul de polimerizare a acesteia este mai mare [35], probabil datorită reducerii conținutului de proteine glutenice. Totuși alte studii au obținut rezultate diferite [39]. Astfel, Praznik a raportat o creștere în volum a pâinii pentru doze de 8%, 10% și 12% inulină adăugată, indiferent de gradul de polimerizare a acesteia, în timp ce alți cercetători, ca Hager ș. a. [34] nu au remarcat diferențe semnificative de volum între proba obținută cu adaos de inulină și proba martor. Utilizând în cercetări inulină cu diferite grade de polimerizare, Meyer și Peters B [35] și Rubel [40] au concluzionat că inulina cu un grad mai mic de polimerizare reduce mai mult volumul pâinii iar Peressini și colaboratorii [36] au concluzionat că volumul pâinii obținute este funcție de tipul de făină utilizată și gradul de polimerizare a inulinei. Ei au obținut pentru doze de 5% și 7,5% inulină cu grad mare de polimerizare adăugată în aluat, pâine cu un volum mai mic decât al probei martor în timp ce pentru doze de 2,5% inulină adăugată nu s-au obținut modificări semnificative. Pentru inulina cu grad mic de polimerizare adăugată în aluat au obținut rezultate diferite pentru volumul pâinii funcție de tipul de făină utilizat.

3.8.3. Metodologia suprafeței de răspuns (RSM)

Pentru a vizualiza relația dintre răspunsuri și variabilele independente, suprafața răspuns și graficul contur ale ecuației de regresie pătratică adecvate au fost generate utilizând Design Expert 10.0, versiunea trial.

3.8.4. Optimizarea indicilor fizici de calitate ai pâinii din făină de grâu cu adaos de fibre solubile

Modelarea indicilor de calitate ai pâinii din făină de grâu cu adaos de fibre solubile are ca obiectiv determinarea *dozei optime de fibre solubile* (Fibruline Instant, respectiv Fibrulose F97) care, introdusă în două tipuri de făină de grâu diferite, în *făina tip 650*, respectiv în *făina tip 550*, conduce la obținerea unei pâini cu indici calitativi (volum specific, porozitate și elasticitate) cu valori maxime. De asemenea, un alt obiectiv al modelării îl constituie determinarea *dozei optime* de fibre solubile de tip

Fibruline DS2, care, introdusă în făina de grâu *tip 800* conduce la obținerea unei pâini cu volum specific, porozitate și elasticitate la valori maxime.

3.8.5. Rezultate, discuții și concluzii parțiale

Datele experimentale obținute ca urmare a desfășurării programării experimentelor s-au utilizat pentru elaborarea, prin regresia multiplă, a modelelor matematice statistice pentru volumul specific (V , $\text{cm}^3/100\text{g}$), porozitate (%) și elasticitate (%) necesare pentru evaluarea indicilor fizici de calitate ai probelor de pâine obținute din cele trei tipuri de făinuri de grâu, în care au fost introduse diferite tipuri de fibre solubile (inulină).

A. Pâine din făină de grâu tip 650 și adaos de Fibruline Instant

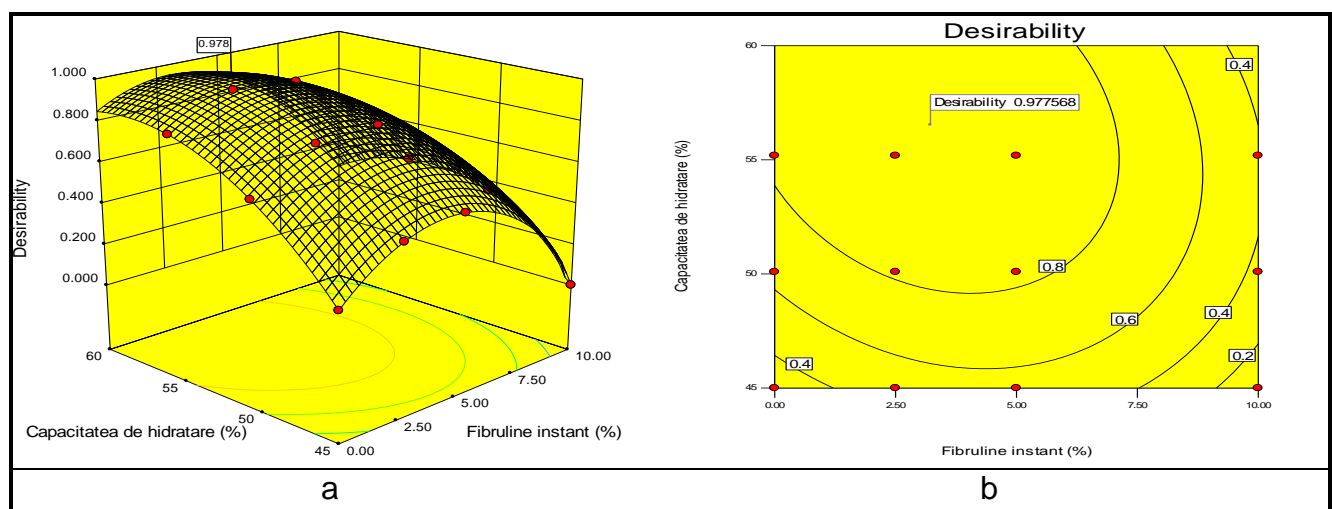


Figura 3.40 - Funcția obiectiv generală: a) graficul suprafeței de răspuns; b) graficul contur

Cea mai bună combinație a variabilelor independente utilizate în această cercetare este obținută la partea superioară a graficului (figura 3.40 a). În aceste condiții optime, valorile precise pentru volumul pâinii, porozitate și elasticitate sunt $388,45 \text{ cm}^3/100\text{g}$, $75,88\%$ și respectiv, $95,99\%$.

Cei mai buni indicii calitativi ai pâinii din făină de grâu tip 650 au fost obținuți pentru un adaos de $3,22\%$ Fibruline Instant la un adaos de apă de $56,32\%$.

B. Pâine din făină de grâu tip 650 și adaos de Fibrulose F97

Cea mai bună combinație între cele două variabile independente utilizate în această cercetare indică o valoare pentru funcția obiectiv generală, $D = 0,929$ iar nivelul optim de *Fibrulose F97 adăugată în făina de grâu tip 650* este de $2,15\%$ și nivelul optim pentru *capacitatea de hidratare* este de $59,8\%$. Corespunzător nivelului optim al acestor variabile independente, valorile anticipate pentru *volumul pâinii, porozitate și elasticitate fiind* $379,85 \text{ cm}^3/100\text{g}$, $76,69\%$ și $95,18\%$. Graficul suprafeței de răspuns și graficul contur corespunzătoare valorii funcției obiectiv generale, D sunt reprezentate în figura 3.41, unde coordonatele valorii D reprezintă condițiile optime.

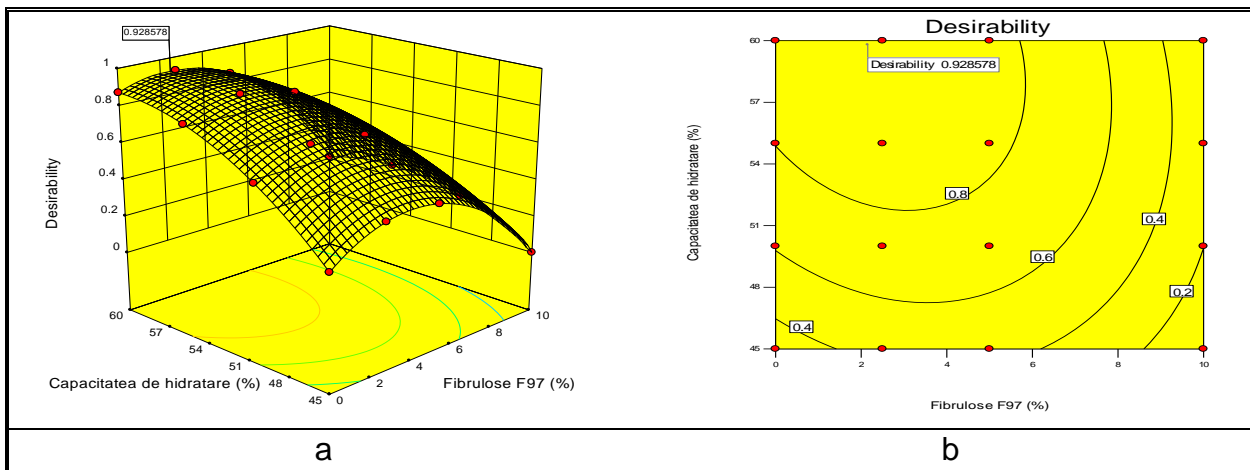


Figura 3.41 - Funcția obiectiv generală: a) graficul suprafeței de răspuns; b) graficul contur

C. Pâine din făină de grâu tip 550 (F2) și adaos de Fibruline Instant:

Valoarea funcției obiectiv generală, $D = 0,867$ a fost obținută pentru un nivel optim al variabilelor independente, care indică un nivel de *Fibruline Instant* de 4,21% adăugat în făina de grâu tip 550 și o *capacitate de hidratare* de 55,79%. Graficul suprafeței de răspuns și graficul contur corespunzătoare valorii funcției obiectiv generale, D sunt redată în figura 3.42, unde coordonatele valorii D reprezintă condițiile optime.

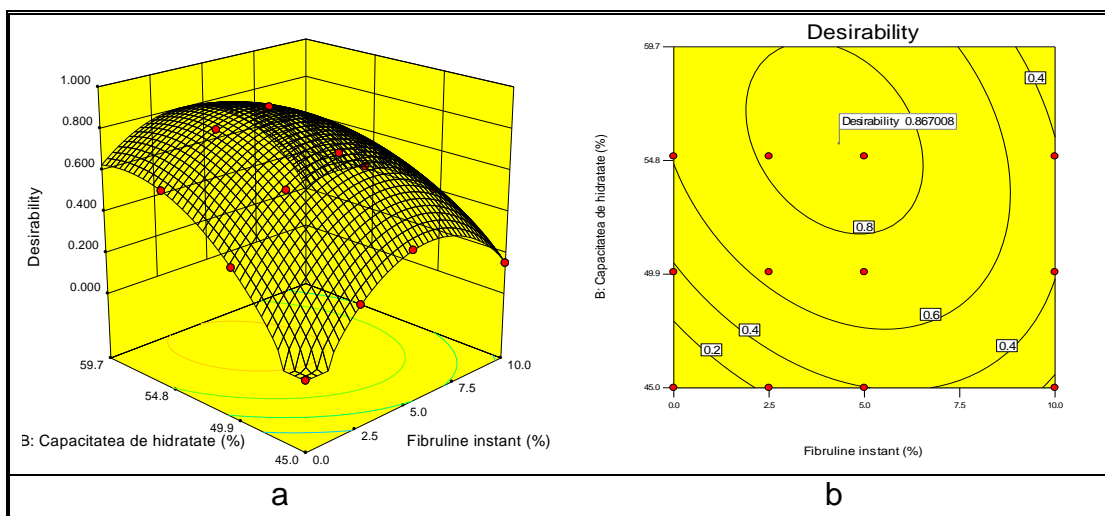


Figura 3.42 - Funcția obiectiv generală: a) graficul suprafeței de răspuns; b) graficul contur

Cea mai bună combinație a variabilelor independente utilizate în acest caz este obținută la partea superioară a graficului (Figura 3.42a). În aceste condiții optime, valorile precise pentru volumul pâinii, porozitate și elasticitate sunt $384,297 \text{ cm}^3/100\text{g}$, $74,937\%$ și $93,969\%$. Prin adăugarea în făina de grâu de tip 550 a unei doze de 4,219% *Fibruline Instant* la o *capacitate de hidratare* de 55,79% se poate obține o pâine de calitate, cu indici fizici optimi. La adaosuri mai mari de Fibruline Instant, indiferent de cantitatea de apă adăugată, are loc o descreștere a valorilor caracteristicilor tehnologice ale pâinii datorită diminuării conținutului de gluten.

D. Pâine din făină de grâu tip 550 și adaos de Fibrulose F97

Valorile optime pentru *volumul pâinii, porozitate și elasticitate* pentru pâine din făină tip 550 cu adaos de Fibrulose F97 sunt $391,27\text{cm}^3/100\text{g}$, $74,77\%$ și $95,07\%$.

Graficul suprafeței de răspuns și graficul contur corespunzătoare valorii funcției obiectiv generale, D sunt redată în figura 3.43, unde coordonatele valorii D reprezintă condițiile optime.

Indicii de calitate ai pâinii au fost semnificativ influențați de adaosul de Fibrulose F97 în făina de grâu tip 550 atunci când se variază capacitatea de hidratare a aluatului. Modele de regresie de tip pătratic obținute pentru indicii fizici de calitate ai pâinii, volum specific, porozitate și elasticitate sunt cele adecvate, semnificative statistic la $p < 0,05$ și prezintă valori ridicate pentru coeficientul de determinare, R^2 . Pentru obținerea celei mai bune pâini din punct de vedere calitativ nivelul optim de Fibrulose F97 care trebuie adăugat în făina de grâu tip 550 este de $3,61\%$ pentru o capacitate de hidratare de $59,35\%$.

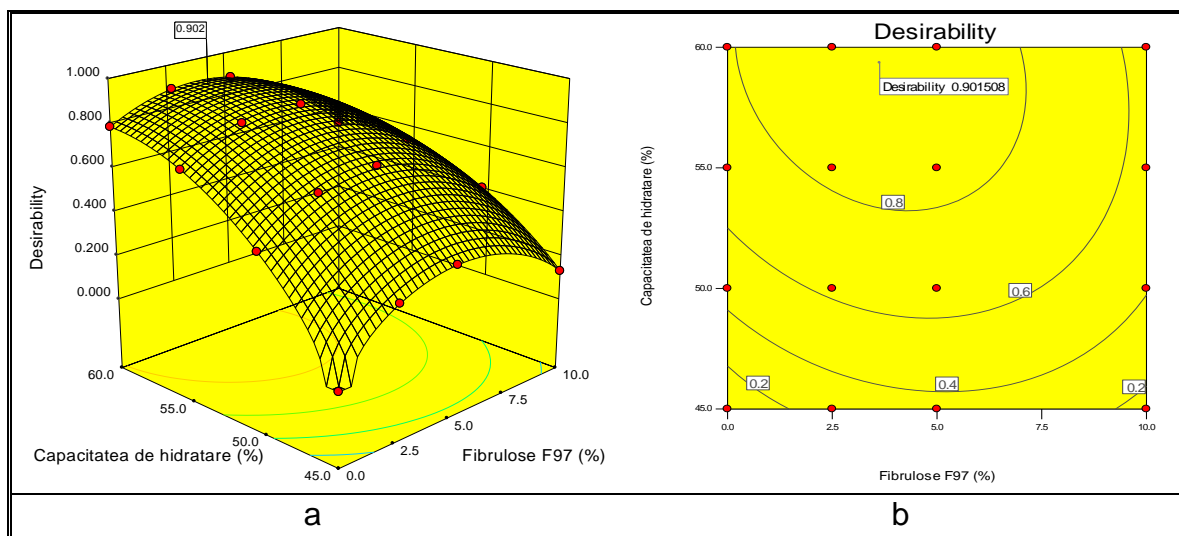
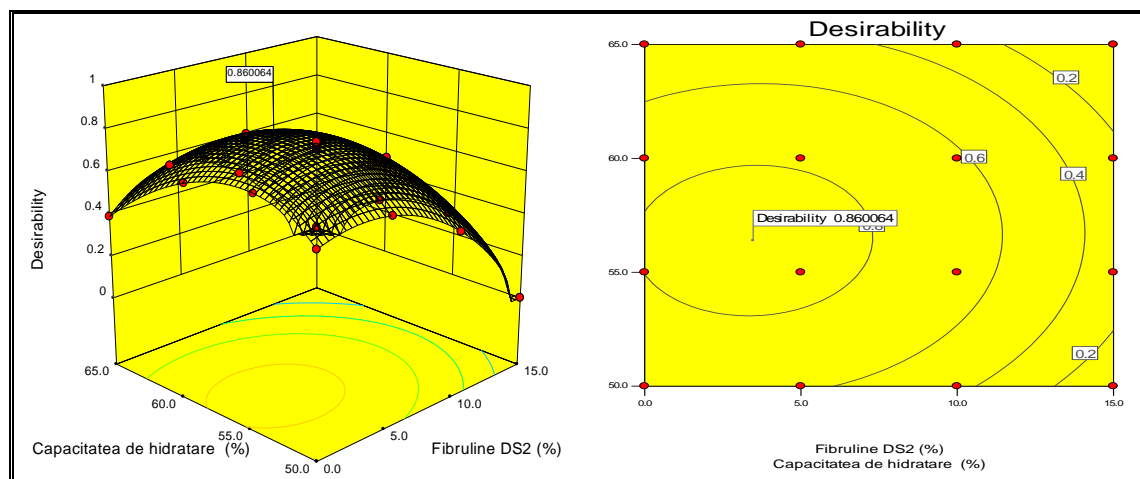


Figura 3.43 - Funcția obiectiv generală: a) graficul suprafeței de răspuns; b) graficul contur

Cea mai bună combinație a variabilelor independente utilizate în această cercetare este obținută la partea superioară a graficului (figura 3.43a).

E. Pâine din făină de grâu tip 800 și adaos de Fibruline DS2: optimizarea compoziției amestecului pentru obținerea unei pâini de cea mai bună calitate



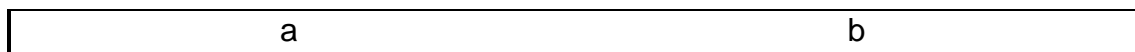


Figura 3.44 - Funcția obiectiv generală: a) graficul suprafeței de răspuns; b) graficul contur

Cea mai bună combinație a variabilelor independente utilizate în această cercetare este obținută la partea superioară a graficului (figura 3.44a). În aceste condiții optime, valorile prognozate pentru volumul pâinii, porozitate și elasticitate sunt $315,4 \text{ cm}^3/100\text{g}$, $71,6 \%$ și $95,4\%$.

Modelele de regresie de tip pătratic obținute pentru indicii calitativi ai pâinii, volum specific, porozitate și elasticitate, obținute din făină tip 800 cu adaos de Fibruline DS2, sunt cele adecvate, fiind înalt semnificative statistic ($p < 0,001$) iar coeficientul de determinare are valori ridicate, de peste 86% , evidențiind un grad ridicat de variație a parametrilor fizici ai pâinii datorită acțiunii conjugate ai celor doi factori de influență, nivelul de Fibruline DS2 adăugată în făina de grâu de tip 800 și nivelul capacității de hidratare a făinii.

Prin adăugarea în făina de grâu de tip 800 a unei doze optime de $3,47\%$ Fibruline DS2, la o capacitate de hidratare de $56,39\%$ se poate obține o pâine de calitate, cu parametri fizici optimi.

În urma optimizărilor efectuate putem trage o serie de concluzii.

Nivelul de fibre solubile diferite adăugate în făina de grâu de extracții diferite și capacitatea de hidratare a făinii diferită sunt factori care pot influența caracteristicile de calitate ale pâinii, cum ar fi volumul specific, porozitatea și elasticitatea.

Ecuatiile de regresie obținute pentru fiecare parametru de calitate al pâinii au indicat un coeficient de determinare ridicat, ceea ce evidențiază o bună adecvanță a modelului. Valorile obținute pentru coeficienții de determinare arată că fiecare din cele două variabile independente are un anumit impact asupra parametrilor fizici ai pâinii, dar pot să aibă o influență diferită atunci când sunt în combinație.

Comparând valorile obținute experimental cu valorile prognozate de către modelele de regresie, se constată că modelele obținute pot fi utilizate pentru a prezice corect evoluția răspunsurilor – indici fizici de calitate ai pâinii din făină de grâu și adaos de fibre solubile, corespunzătoare valorilor particulare ale variabilelor independente.

Modelele matematice elaborate pentru parametrii fizici ai pâinii din făină de grâu de tipuri diferite, cu adaos de fibre solubile diferite, pot prezice cu o bună acuratețe volumul specific al pâinii, porozitatea și elasticitatea în funcție de nivelul de fibre solubile adăugate în făina de grâu și de nivelul capacității de hidratare a făinii.

Pentru făina tip 550 se pot utiliza adaosuri mai mari de fibre solubile comparativ cu făina tip 650. În funcție de tipul de inulină, cele mai mari doze de inulină care se pot adăuga pentru fabricarea unei pâini de calitate au fost obținute pentru Fibruline Instant, pentru ambele tipuri de făină (tip 650 și tip 550) în care a fost incorporată. Fibrulose F97 poate fi folosită în proporții mai mici proporții în făina de tip 550 și tip 650 în timp ce Fibruline DS2 poate fi folosită în proporție de $3,47\%$ în făina tip 800 pentru obținerea unei pâini de calitate. Prin urmare, rezultatele obținute au arătat că indicii de calitate ai pâinii pot avea valori bune până la o anumită doză de inulină cu atât mai mare cu cât gradul de polimerizare a acesteia este mai mare, în concordanță cu rezultatele experimentale obținute de Meyer și Peters [35] și Rubel și colaboratorii săi [42].

Din punct de vedere al dozei optime de inulină care poate fi adăugată pentru obținerea unei pâini de calitate, aceasta nu poate fi peste 5% , maxim 6% pentru făina tip

550, 2÷4% pentru făina tip 650 și 3÷4% pentru făina tip 800, valori mai mari conducând la o serie de efecte negative pentru calitatea pâinii realizate. Comparativ cu datele din literatura de specialitate nivelurile optime obținute față de făina prelucrată sunt mai mici comparativ cu cele obținute de Praznik și colaboratorii săi [39] care au obținut rezultate foarte bune și la 12% inulină adăugată, indiferent de gradul de polimerizare a acesteia. O serie de studii relevă că adaosul de inulină în făină induce efecte negative asupra caracteristicilor pâinii (conform Mandala și colaboratorii - [37]; Poinot și colaboratorii - [43]; Meyer și Peters [35] etc.). Ei au lucrat la o capacitate de hidratare constantă și nu au ținut cont de faptul că inulina reduce capacitatea de hidratare a amestecului.

Din punct de vedere a capacității de hidratare optime a amestecului ce trebuie utilizat pentru obținerea unor indici calitativi buni ai pâinii, aceasta trebuie corelată cu doza de inulină adăugată, având o valoare cu atât mai mică cu cât doza de inulină adăugată este mai mare și gradul de polimerizare a acesteia este mic. Pentru caracteristici optime ale pâinii, cele mai mici valori ale capacității de hidratare a amestecului s-au obținut pentru făina tip 550 unde se pot adăuga și cele mai mari doze de inulină, cea mai mică valoare fiind de 55,79% la un adaos de 4,21% Fibruline Instant. În cazul făinii tip 650 valoarea optimă a capacității de hidratare a amestecului a fost aproximativ aceeași - 55,6% - pentru dozele optime de inulină Fibruline Instant (3,52%) și Fibrulose F97 (2,11%) adăugate. Acest fapt se explică probabil prin faptul că cele două tipuri de inulină au grad de polimerizare diferit, capacitatea de hidratare a amestecului scăzând cu atât mai mult cu cât gradul de polimerizare a inulinei este mai mic (fapt confirmat și prin rezultatele obținute la mixolab).

Pentru făina tip 800 cel mai bun rezultat s-a obținut pentru un adaos de 3,47% Fibruline DS2, la o capacitate de hidratare de 56,39%.

Studiul de optimizare a arătat că pentru a obține pâine de calitate la nivelul matorului sau foarte aproape de aceasta, adaosul de fibre solubile trebuie făcute în doze relativ mici (sub 5%). Pentru a obține produse cu rol de protecție, respectiv cu adaosuri mai mari de fibre, trebuie să acceptăm produse cu însușiri senzoriale și fizico-chimice inferioare matorului, adaosurile făcându-se până la o anumită limită, astfel încât să nu se ajungă la respingerea produselor de către consumator.

Concluziile generale, contribuții originale și perspective

În urma studiilor efectuate privind posibilitățile de obținere a produselor de panificație s-au utilizat fibre solubile, reprezentate de inulină și oligofructoză, care au fost suplimentate în procente diferite în făinuri obținute din recolta românească de grâu. Fibrele solubile cu care s-au suplimentat făinurile diferă prin gradul de polimerizare (lungimea catenei) precum și prin conținutul de glucide simple fermentescibile. Utilizând două tipuri de făină de grâu de extracție mică (550 și 650) și un tip de făină semialbă tip 800 cu adaos de fibre solubile Fibruline Instant, Fibrulose F97 și Fibruline DS2 se pot enumera o serie de concluzii principale:

1. Parametrii reologici ai aluaturilor obținute din făină albă și semialbă descriși de alveograf, reofermentometru și mixolab sunt influențați de procentul de fibre solubile

adăugat și de gradul de polimerizare al acestora. Între parametrii analizați de cele trei aparate se stabilesc anumite corelații în urma aplicării metodei PCA.

2.În urma analizei alveografice se pot trage mai multe concluzii. Rezistența aluatului scade prin adaos de fibre solubile, tenacitatea acestuia și valoarea energiei diminuându-se. Adaosul de Fibruline Instant (de la 1 la 5%) nu are impact deosebit asupra extensibilității aluatului. Făina F1 (tip 650) și făina F2 (tip 550) au un comportament asemănător la suplimentarea cu diferite doze de fibre solubile. În cazul făinii F3 (tip 800) valorile parametrilor alveografici au avut valori mai mici față de făinurile F1 și F2. Putem afirma în urma testelor efectuate cu ajutorul alveografului că fibrele solubile au influență atât prin cantitate cât și prin tipul acestora. Aplicate pe același tip de făină, inulina cu grad de polimerizare mai mare (DP aproximativ 10), conduce, ca și oligofructoza cu grad de polimerizare mai mic (DP maxim 10), la modificări nesemnificative ale parametrilor reologici la doze de până la 5%, în timp ce la doze de 10% și mai mari, conduc la înrăutățirea reologiei aluaturilor. Modificări reologice survin și în funcție de gradul de extracție al făinii, făina tip 650 cu un adaos de 2,5% fibre alimentare solubile are un comportament foarte asemănător cu cel al făinii tip 550, dar la alte valori.

3.În urma analizei comportamentului aluatului în timpul fermentării efectuate cu ajutorul reofermentografului s-a observat că în cazul aluatului obținut cu adaos de fibre solubile se produce o cantitate de dioxid de carbon crescândă până la un anumit procent de fibre solubile Fibruline Instant, Fibrulose F97 și Fibruline DS2 adăugat, după care se observă o descreștere a volumului de gaze format. Creșterea în înălțime a aluatului este o măsură a cantității de gaze reținute, prin urmare și parametrii Hm, prezintă un trend similar cu cel al cantității de gaze formate.

4.În urma analizei efectuate cu ajutorul mixolabului se observă variația capacității de hidratare care are loc după o dreaptă, scăderea capacității de hidratare este mai mică cu cât doza de fibre solubile adăgate este mai mare. Stabilitatea aluatului pentru cele trei făinuri analizate a crescut la adaosul fibrelor solubile studiate. Temperatura mai mică de gelatinizare a amidonului arată că, în prezența inulinei și oligofructozei, gelatinizarea amidonului are loc mai repede. Momentul opus în aluat la retrogradarea amidonului crește la adaos de fibre solubile având drept consecință o retrogradare mai pronunțată a amidonului, iar pâinea cu inulină își păstrează mai puțin timp prospețimea decât maritorul. Făina F1 (tip 650) și făina F2 (tip 550) au aceeași comportare descrisă de mixolab la adaosul de fibre solubile. Pentru făina F3 (tip 800) se observă un comportament asemănător cu cel al făinurilor de extracție mică până la un anumit doza, după care, prin mărirea cantității de inulină Fibruline DS2 adăugată, parametrii determinați de mixolab se înrăutățesc vizibil.

5.În cazul determinărilor experimentale la care s-au utilizat mixolabul și alveograful s-au obținut prin metoda PCA corelații pozitive între energia alveografică a aluatului, presiunea maximă și raportul P/L și momentul opus de aluat în zona de înmuiere a curbei mixolab, capacitatea de hidratare a aluatului și stabilitatea acestuia. S-au obținut corelații negative între extensibilitate și indicele de umflare pentru aluaturile analizate de alveograf și parametrii mixolab capacitate de hidratare și stabilitate. În urma evaluării comportării reologice cu aparatul mixolab și a capacității făinii de a forma și de a reține gazele de fermentare și a dezvoltării aluatului cu ajutorul reofermentografului, s-au

obținut corelații bune între stabilitatea determinată de mixolab și volumul total de gaze, redat de reofermentometru.

6. Din analiza senzorială a pâinii obținute din făina F1 (tip 650) și făina F2 (tip 550) (pentru care s-au apreciat culoarea cojii, aspectul cojii, porozitatea miezului, mirosul, gustul și acceptabilitatea generală), s-a se poate trage concluzia ca toate probele sunt acceptabile pentru consum. Diferențele de calitate apar la un procent ridicat de fibre raportat la făină (peste 10%,): cu cat doza adăugată de fibre este mai mare cu atât calitatea senzorială a pâinii obținute este mai slabă. Pentru făina tip 800 doza maximă de Fibriline DS2 ce poate fi adăugată este de 20%, creșterea adaosului peste acest procent ducând la o depreciere accentuată a proprietăților senzoriale ale produselor obținute.

7. Tipul de fibre solubile, procentul de fibre solubile adăugate în făină și tipul de făină de grâu (de extracții diferite), sunt factori care au influențat caracteristicile de calitate ale pâinii, cum ar fi volumul specific, porozitatea și elasticitatea. Produsele de panificație obținute din făinuri cu adaos de fibre solubile sunt caracterizate de o diminuare a calității senzoriale (volum, porozitate, elasticitate), cele mai apreciate produse fiind cele cu un adaos de 2,5% fibre solubile. Volumul specific al pâinii se situează între $383 \text{ cm}^3 / 100 \text{ g}$ pâine pentru făina tip 650 cu adaos de 2,5% Fibruline Instant și $320 \text{ cm}^3 / 100 \text{ g}$, la un adaos de 10%. Pentru adaosul de Fibrulose F97, variația volumului specific este între $382 \text{ cm}^3 / 100 \text{ g}$ (la adaos de 2,5 % Fibruline Instant) și $319 \text{ cm}^3 / 100 \text{ g}$ (la adaos de 10%). În cazul făinii tip 550 variația volumului specific al pâinii este asemănătoare cu cea a volumului specific al pâinii obținute din făina tip 650. Valoarea cea mai mare a volumului specific este întâlnită în cazul adaosului de 2,5% Fibruline Instant sau Fibrulose F97. Variația elasticității pâinii obținute din făina tip 650 și făina tip 550, cu adaos de fibre solubile Fibruline Instant și Fibrulose F97 este cuprinsă între 95 și 91 %, valori maxime se obțin la adaos de 2,5% fibre solubile. Variația porozității pâinii obținute din făină tip 650 și făină tip 550 cu adaos de fibre solubile are valori minime (68%) pentru adaosul de 10% Fibruline Instant sau Fibrulose F97 în cele două tipuri de făină analizate; valori ale porozității apropiate de probele martor se obțin la un adaos de 2,5% fibre. Valorile obținute sunt caracteristice pâinii bune pentru consum.

8. Prin utilizarea făinii semialbe tip 800 (F3) și a unor doze de până la 15% inulină fără glucide reducătoare în compoziție (Fibruline DS2) se pot obține produse de panificație hipocalorice bine apreciate de către consumatori, cu valoare nutritivă îmbunătățită, benefice pentru diabetici și pentru persoanele cu un regim alimentar hipocaloric. Adaosul de Fibruline DS2 a determinat o creștere semnificativă a conținutului de fibre totale (de aproximativ 10 ori mai mare la adaos de 20% fibre) - de la 0,21 % pentru pâinea din făină tip 800 fără adaos de fibre, la 27.63%.

9. Conținutul de minerale - Ca, Mg și Fe - al pâinii cu adaos de fibre solubile nu este considerabil diminuat; la adaos de fibre conținutul de minerale din pâine este afectat nesemnificativ.

10. Optimizarea compoziției amestecului din făină de grâu și fibre solubile Fibruline Instant, Fibrulose F97 și Fibruline DS2, pentru îmbunătățirea calității pâinii prin metoda experimentelor programate, a condus la obținerea unui procent de fibre solubile cuprins în intervalul 2-5 % față de făină. Pentru făina tip 550 se pot utiliza adaosuri mai mari de fibre solubile comparativ cu făina tip 650. În funcție de tipul de inulină, cele mai mari doze de inulină care se pot adăuga pentru fabricarea unei pâini de calitate au fost

obținute pentru Fibruline Instant, pentru ambele tipuri de făină (tip 650 și tip 550) în care a fost încorporată. Oligofructoza Fibrulose F97 poate fi folosită în procente mai mici în făina de tip 650 în timp ce Fibruline DS2 poate fi folosită în proporție de 3,47% în făina tip 800 pentru obținerea unei pâini de calitate. Prin urmare, rezultatele obținute au arătat că indicii de calitate ai pâinii pot avea valori bune până la o anumită doză de inulină cu atât mai mare cu cât gradul de polimerizare a acesteia este mai mare.

Originalitatea lucrării este dată de studierea detaliată a reologiei aluaturilor obținute din tipuri de făină din recolta internă, diferite prin gradul de extracție (550, 650, 800), cu adaos de inulină (Fibruline Instant și Fibruline DS2) și oligofructoza (Fibrulose F97), utilizând aparatură de ultima generație. În urma studiilor s-a stabilit influența tipului de fibră solubilă și a procentului acesteia asupra parametrilor reologici ai aluaturilor și asupra caracteristicilor senzoriale a pâinii obținute precum și determinarea procentului optim de fibre solubile necesare obținerii unor produse superioare calitativ. În cadrul tezei s-a studiat posibilitatea de a obține pâine hipocalorică din făină tip 800 cu adaos de fibre solubile.

Având în vedere tendința pe plan internațional și național de a mări consumul de produse de panificație cu beneficii asupra sănătății care au un procent ridicat de fibre în compoziție, se va continua studierea posibilității de obținere a produselor de panificație îmbogățite în fibre solubile, cu suplimentare de minerale sau vitamine în compoziție.

Există pe piața românească produse de panificație cu adaos de fibre solubile (inulină), consumul acestora urmând un trend ascendent. Inulina reprezintă o soluție avantajoasă economic, prețul acesteia fiind mai mic comparativ cu al altor fibre alimentare.

Cunoscând efectele adaosului de fibre solubile asupra reologiei aluaturilor și calității pâinii obținute, dozele optime și tipul de fibre recomandat, se pot prelucra industrial făinuri albe sau semialbe de grâu care să conducă la obținerea unor produse superioare calitativ cu valoare nutritivă ridicată prin aportul de fibre din compoziție.

Listă lucrări publicate și prezentate

1. Articole științifice publicate în reviste indexate ISI

1. Sirbu A., **Arghire C.**, *Functional bread: Effect of inulin-type products addition on dough rheology and bread quality*, Journal of Cereal Science, 2017, vol. 75, pages 220-227, factor de impact 2,402;
2. **Arghire C.**, Mironeasa S., Codină G.G., *Optimization of bread quality of 650 wheat flour type with native inulin by response surface methodology*, The Annals of the Univeristy Dunărea de Jos Galați, Fascicule VI-Food Tehnology, 2016, **vol. 40** (1), pages 32-42, . ISSN 1843–5157.

2. Lucrări publicate în reviste de specialitate

1. Sîrbu Alexandrina, **Arghire Camelia**, Begea Mihaela, Bărbulescu Iuliana-Diana, *Bakery products with soluble fibers for a better diet - The 1st International pleasure Conference – „salt-sugar-lipids reduction”*, 2016, 18 - 19 June, La Rochelle, France, disponibilă la <http://www.oniris-nantes.fr/en/school/actualites/article/article/1st-international-pleasure-conference-salt-sugar-lipids-reduction>;
2. Codină G.G., **Arghire C.**, *Aprecierea indicatorilor de calitate a făinii de grau*, Cofetarul-Brutarul, 2016, vol. XVI (6), pages 42, ISSN 1582-9251;
3. Codină G.G., **Arghire C.**, *Fortificarea cu proteine vegetale a produselor de panificație*, Cofetarul-Brutarul, 2016, vol. XVI (5), pages 34-35, ISSN 1582-9251;
4. Codină G.G., **Arghire C.**, *Ovăzul-sursa de sănătate în produsele de panificație*, Cofetarul-Brutarul, 2016, vol. XVI (2), pages 56, ISSN 1582-9251;
5. Codină G.G., **Arghire C.**, *Fibrele de citrice în panificație (I)*, Cofetarul-Brutarul, 2015, vol. XV (12), pages 28, XVI (1):32, ISSN 1582-9251;
6. Codină G.G., **Arghire C.**, *Fibrele de citrice în panificație*, Cofetarul-Brutarul, 2015, vol. XVI (1), pages 32, ISSN 1582-9251;
7. **Arghire C.**, *Despre glutenul vital*, Cofetarul-Brutarul, 2015, vol. XV (11), pages 14, ISSN 1582-9251;
8. **Arghire C.**, *Aciditatea făinii de grâu*, Cofetarul-Brutarul, 2015, vol. XV (7), pages 38, ISSN 1582-9251;
9. Codină G.G., **Arghire C.**, *Corelații între proprietățile reologice ale aluatului furnizate de aparatul mixolab, aparatul alveograf și falling number*, Cofetarul-Brutarul, 2015, vol. XV (6); pages 30-31, ISSN 1582-9251;
10. **Arghire C.**, *Acidul lactic în panificație*, Cofetarul-Brutarul, 2015, vol. XV (4), pages 14, ISSN 1582-9251;
11. **Arghire C.**, *Abordări actuale ale enzimelor în morărit și panificație – „eticheta curată”*, Cofetarul-Brutarul, 2015, vol. XV (3), pages 21, ISSN 1582-9251;
12. **Arghire C.**, *Abordări actuale ale enzimelor în morărit și panificație – mixuri enzimatice și amelioratori*, Cofetarul-Brutarul, 2015, vol. XV (2), pages 17, ISSN 1582-9251;

13. **Arghire C.**, *Abordări actuale ale enzimelor în morărit și panificație-lipazele*, Cofetarul-Brutarul, vol. XV (1), pages 16, ISSN 1582-9251;
14. **Arghire C.**, *Abordari actuale ale enzimelor în morarit și panificatie –proteazele???*, Cofetarul-Brutarul, 2014, vol. XIV (11), pages 16, ISSN 1582-9251;
15. **Arghire C.**, Niculiță I., *Abordari actuale ale enzimelor în morarit și panificatie – oxidazele*, Cofetarul-Brutarul, 2014, vol. XIV (12), pages 50, ISSN 1582-9251;
16. Niculita I., **Arghire C.**, Izella I., Nechita V., *Replacement of chemical oxidant with enzyme mixture*, Journal of Agroalimentary Processes and Technologies, 2009, vol. 15(2), pages 239-241, ISSN 2069-0053;
17. Nechita V., Niculita I., **Arghire C.**, Izella I.G., *Strong flour improvement using malt flour*, Journal of Agroalimentary Processes and Technologies, 2009, vol.15 (2), pages 242-244, ISSN 2069-0053;
18. Sîrbu A., Pâslaru V., **Arghire C.**, *Volatile compounds test of bread improved with Belpan -Cereals & Europe Spring Meeting 2009 – Whole Grain Global Summit, C&E and AACC International, Newcastle University, Supplement to Cereal Foods World*, vol. 54, no. 2, pages 24-27;
19. Sîrbu A., Pâslaru V., **Arghire C.**, *Effect of phospholipase usage on volatile content of bread*, rezumat în: Supplement to Cereal Foods World, vol. 54, no. 2, p. OS28, ISSN 0146-6283;
20. **Arghire C.**, Niculita I., *New bread's recipes with solubles fibers*, ANNALS of the Suceava University, Food Engineering, 2008, vol. VII, pages 5-8, ISSN 1842-4597;
21. Pâslaru V., Fuduli I. G., Niculiță I., **Arghire C.**, Codină G. G., *Flour results from germinated wheat. It's quality amelioration with DATEM emulsifier*, Innovative Romanian Food Biotechnology (sp. Suppliment), 2008, vol. V, pages 40-44, ISSN 1843-6099;
22. Codină G. G., Cretu I., Pâslaru V., **Arghire C.**, *Ascorbic acid influence on dough's behaviour*, Journal of agroalimentary processes and technologies, 2007, vol. 13 (2), pages 299-302, ISSN 1453-1399;
23. Pâslaru V., Brumari C., **Diac C.**, *Îmbunătățirea calității produselor de panificație prin utilizarea fibrei de mazăre, a inulinei și a izolatului proteic de mazăre*, Buletin informativ pentru industriile de morărit și panificație, 2004, vol. 15(3), pages 105-109, ISSN 1222-1120;
24. Pâslaru V., Brumari C., **Diac C.**, *Utilizarea produselor E.D.R. pentru îmbunătățirea calității pâinii*, Buletin informativ pentru industriile de morărit și panificație, 2004, vol. 15(3), pages 109-114, ISSN 1222-1120.

3. Participări la conferințe naționale și internaționale

1. **Arghire C.**, Codină G.G., *Healthy products-the key for an adequate nutrition*, International Conference Aromatic and Medicinal Herbs in Food - ASMP, 15-16 iunie, 2016, Bucharest;
2. **Arghire C.**, Mironeasa S., Codină G.G., *Optimization of bread quality from 650 wheat flour type with native inulin by response surface methodology*, 7th International EuroAliment Symposium-24-26 septembrie 2015, Galati, Romania;

3. Niculiță I., **Arghire C.**, *Enzime în panificație/Pâine fără E-uri*, Workshop ASMP - Preocupări actuale în inovarea produselor de morărit-panificație, 2-3 octombrie, Piatra-Neamț;
4. **Arghire C.**, Bordei D., *Posibilități de utilizare a fibrelor solubile în panificație*, Workshop ASMP - Preocupări actuale în inovarea produselor de morărit-panificație, 2-3 octombrie 2014, Piatra-Neamț;
5. Codină. G.G., **Arghire C.**, Mironeasa S., *Influence of added Inulin on the Alveograph rheological characteristics of dough from 800 wheat flour type and bread quality*, Proceedings of the 9th International Conference on Cellular and Molecular Biology, Biophysics and Bioengineering (BIO '13), Chania, Crete Island, Greece, August 27-29 2013;
6. Sirbu A., **Arghire C.**, *Low salt bakery products for a healthy diet*, Simpozionul anual al Asociației Specialiștilor din Morărit și Panificație din România, ediția XXI, 6-7 septembrie 2012, Universitatea Ovidius Constanța;
7. Sirbu A., Paslaru V., **Arghire C.**, *Effect of phospholipase usage on volatile content of bread*, Supplement to Cereal Foods World, (ISSN 0146-6283), C&E Spring Meeting, Whole Grain Global Summit, 25-27 Martie 2009, Marea Britanie;
8. Nechita V., Codină G.G., Niculita I., **Arghire C.**, *Aplicații ale glucozoxidazei în panificație*, Ediția a XVIII-a a simpozionului specialiștilor din industria de morărit și panificație, Tradiție și modernitate în industria de morărit și panificație, Căiulata, 16-18 octombrie 2008;
9. Fuduli I.G., Codină G.G., Leahu A., Niculita I., **Arghire C.**, Paslaru V. *Flour results from germinated wheat. It's quality amelioration with DATEM emulsifier*, International Conference On Industrial Microbiology and Applied Biotechnology, 9-11 octombrie 2008, Universitatea Dunărea de Jos, Galați, România;
10. Fuduli I.G., Codina G.G., Leahu A., Niculita I., **Arghire C.**, Paslaru V., *Effect of lactic acid and germinated wheat flour on dough rheology and bread properties*, International Conference On Industrial Microbiology and Applied Biotechnology, 9-11 octombrie 2008, Universitatea Dunărea de Jos, Galați, România;
11. **Arghire C.**, Pâslaru V., Codină G.G., *Pâinea cu inulina, o soluție pentru întreținerea sănătății și vitalității organismului uman*, Simpozionul național cu participare internațională Tradiție și Siguranță Alimentară, 8-9 august 2007, Sibiu – articol publicat în revista Cofetarul –Brutarul.
12. **Arghire C.**, Paslaru V., Codină G.G., Brumari C.C., *Obținerea napolitanelor pentru diabetici cu fibră de mazăre și soia*, Simpozionul național cu participare internațională „Tendinte actuale in industria de morarit-panificatie”, Bacău, 2005.

4. Brevete de invenții propuse (în curs de evaluare)

1. Begea M., **Arghire C.**, ș.a., - brevet trimis la OSIM, *Produse de panificație și biomasă de drojdie de bere îmbogățite în seleniu organic și procedee de obținere prin valorificarea drojdiei utilizate din industria berii* (A/00958/5.12.2016).

Bibliografie selectivă

- [1] A. Vicentini, L. Liberatore, D. Mastrocola, *Functional Foods: Trends And Development Of The Global Market*, Ital. J. Food Sci., volume 28, 2016, pages 338-351;
- [2] L. Kotilainen, R. Rajalahti, ș. a., *Health Enhancing Foods. Opportunities for Strengthening the Sector in Developing Countries*, World Bank. Agriculture and Rural Development, 2006, disponibil online la http://siteresources.worldbank.org/INTARD/Resources/Health_Enhancing_Foods_ARD_DP_30_final.pdf;
- [3] R. Mehta, *Dietary fiber benefits*, Cereal Foods World, volume 50, 2005, pages 66-71;
- [4] J. Cade, V. Burley, ș. a., *Dietary fibre and risk of breast cancer in the UK Women's Cohort Study*, International Journal of Epidemiology, 2007, volume 36, pages 431 – 438;
- [5] L. Georgescu, *Noi ingrediente funcționale utilizabile în panificație*, BIMPAGES, 2004, volume 15, pages 24-30;
- [6] ***, www.reportlinker.com
- [7] Z. Szakály, V. Szente, G. Kövér, Z. Polereczki, O. Szigetim, *The influence of lifestyle on health behavior and preference for functional foods*, Appetite, 2012, volume 58, pages 406-410;
- [8] Luminița Georgescu, *Fibrele alimentare. Studii biochimice și tehnologice*, Teză de doctorat, Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați, 1999, Galați;
- [9] Filiz Yangilar, *The Application of Dietary Fibre in Food Industry: Structural Features, Effects on Health and Definition, Obtaining and Analysis of Dietary Fibre: A Review*, Journal of Food and Nutrition Research, volume 1, 2013, pages 13-23;
- [10] European Parliament, Council of the European Union, *Regulation (EU) No 1169/2011 of the European Parliament and of the Council of 25 October 2011 on the provision of food information to consumers*, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32011R1169&from=EN>;
- [11] Juliet Gray, *Dietary Fibre Definition, Analysis, Physiology & Health*, ILSI Europe, 2006, Belgium;
- [12] P. Trumbo, S. Schlicker, A. Yates, M. Poos, *Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids*, J Am Diet Assoc., volume 102, 2002, pages 1621-1630;
- [13] M. Roberfroid, *Prebiotics: the concept revisited*, J. Nutr., volume 137, 2007, pages 830S-837S;
- [14] F. Yangilar, *The application of dietary fibre in food industry: structural features, effects on health and definition, obtaining and analysis of dietary fibre: a review.*, Journal of Food and Nutrition Research, volume 1, 2013, pages 13-23;
- [15] R. Segal, *Biochimia produselor alimentare*, Ed. Academică, 2006, Galați;
- [16] M. Roberfroid, J. A. Van Loo, G. Gibson, *The Bifidogenic Nature of Chicory Inulin and Its Hydrolysis Products*, Nutr., Volume 128, 1998, pages 11-19;
- [17] M. Roberfroid, *Concepts în functional foods: the case of inulin and oligofructose*, J Nutr., Volume 129, 1999, pages 1398S-401S;
- [18] M. Roberfroid, *Dietary fiber, inulin, and oligofructose: a review comparing their physiological effects*, Rev Food Sci Nutr., volume 33, 1993, pages 103–148;

- [19] K. Kalyani Nair, S. Kharb, D. K. Thompkinson, *Inulin dietary fiber with functional and health attributes—A review* Food Reviews International, volume 26, 2010, pages 189-203;
- [20] G. Pitarresi, D. Giacomazza, D. Triolo, G. Giammona, *Rheological characterization and release properties of inulin-based hydrogels*, Carbohydrate Polymers, volume 88, 2012, pages 1033-1040;
- [21] ***, SR 90:2007 - *Făină de grâu. Metode de analiză*;
- [22] Despina Bordei, *Controlul calității în industria panificației*, Ed Academică, 2007, Galați;
- [23] ***, *Rheofermentometrul F3, Manual de operare*;
- [24] ***, SR 91:2007 - *Pâine și produse proaspete de patiserie. Metode de analiză*;
- [25] Z. Karolini-Skaradzińska, P. Bihuniak, E. Piotrowska, L. Wdowik, *Properties of dough and qualitative characteristics of wheat bread with addition of inulin*, Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, volume 57, 2007, pages 267-270;
- [26] A. C. Apolinário, B. P. de Lima Damasceno, N. E. de Macêdo Beltrão, A. Pessoa, A. Converti, J. A. da Silva, *Inulin-type fructans: A review on different aspects of biochemical and pharmaceutical technology*, Carbohydrate Polymers, volume 101, 2014, pages 368–378;
- [27] D. Meyer, J. Wolf, *Inulin în bread and other cereal-based products*, Technology of functional cereal products, 2007, CRC press;
- [28] K. R. Gabriel, *The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis*, Biometrika, volume 58, 1971, pages 453–467;
- [28] J. P. Benlecri, *L'analyse des Donde+*, Tome 11: *L'analyse des Correspondances*, Dunod, 1973, Paris;
- [30] G. G. Codină, *Proprietățile reologice ale aluatului din făina de grâu*, Ed. Agir, 2010, București;
- [31] J. Wang, C. M. Rosell, C. Benedito de Barber, *Effect of the addition of different fibres on wheat dough performance and bread quality*, Food Chemistry, volume 79, 2002, pages 221–226;
- [32] J. Korus, K. Grzelak, K. Achremowicz, R. Sabat, *Influence of prebiotic additions on the quality of gluten-free bread and on the content of inulin and fructooligosaccharides*, Food Science and Technology International, volume 12, 2006, pages 489-495;
- [33] Sirbu A., Arghire C., *Functional bread: Effect of inulin-type products addition on dough rheology and bread quality*, Journal of Cereal Science, 2017, vol. 75, pages 220-227;
- [34] A. S. Hager, L. A. M. Ryan, C. Schwab, M. G. Ganzle, J. V. O'Doherty, E. K. Arendt, *Influence of the soluble fibres inulin and oat β -glucan on quality of dough and bread*, Eur Food Res Technol, volume 232, 2011, pages 405–413;
- [35] D. Meyer, B. Peters, *Enhancing the nutritional value of bread with inulin*, Agro Food Industry Hi-Tech, volume 20, 2009, pages 48-50;
- [36] D. Peressini, A. Sensidoni, *Effect of soluble dietary fibre addition on rheological and breadmaking properties of wheat doughs*, Journal of Cereal Science, volume 49, 2009, pages 190-201;

[37] I. Mandala, A. Polaki, S. Yanniotis, *Influence of frozen storage on bread enriched with different ingredients*, Journal of Food Engineering, volume 92, 2009, pages 137-145;

[38] P. Poinot, G. Arvisenet, J. Grua-Priol, C. Fillonneau, A. Le-Bail, C. Prost, *Influence of inulin on bread: kinetics and physicochemical indicators of the formation of volatile compounds during baking*, Food Chem, volume 119, 2010, pages 1474–1484;

[39] W. Praznik, E. Cieslik, A. Filipiak-Florkiewicz, *Soluble dietary fibres în Jerusalem artichoke powders: Composition and application în bread*, Nabrun, volume 46, 2002, pages 151-157;

[40] I. A. Rubel, E. E. Perez, G. D. Manrique, D. B. Genovese, *Fibre enrichment of wheat bread with Jerusalem artichoke inulin: Effect on dough rheology and bread quality*, Food Structure, volume 3, 2015, pages 21-29;

[41] I. A. Rubel, E. E. Perez, G. D. Manrique, D. B. Genovese, *Fibre enrichment of wheat bread with Jerusalem artichoke inulin: Effect on dough rheology and bread quality*, Food Structure, Volume 3, 2015, pages 21–29;