

UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI

Cu titlul de manuscris

C.Z.U.:

665.347.8:[634.743+634.17+582.734.4](043)

POPOVICI VIOLINA

**STABILIZAREA ULEIURILOR VEGETALE CU COMPUȘI
BIOLOGIC ACTIVI DIN SURSE REGENERABILE**

253.06 Tehnologii biologice și chimice în industria alimentară

Rezumatul tezei de doctor în științe inginerești

CHIȘINĂU 2022

Teza a fost elaborată în cadrul departamentului Tehnologia Produselor Alimentare, Facultatea Tehnologia Alimentelor, Universitatea Tehnică a Moldovei. O parte din testări au fost realizate la Institutul de Chimie Bioanalitică, Facultatea de Chimie și Minerologie, Universitatea Leipzig, Germania (Erasmus+).

Conducător/Consultant științific:

STURZA Rodica, dr. hab., prof. univ.

Referenți oficiali:

GHENDOV-MOȘANU Aliona, dr.hab.conf.univ., UTM

COVALIOV Olga, dr.hab.prof.univ., Institutul de Chimie

NISTOR Ileana-Denisa, prof.dr.ing., Universitatea Vasile Alecsandri din Bacău, România

Componenta comisiei de doctorat:

1. TATAROV Pavel, **președinte**, doctor habilitat în științe tehnice, profesor universitar, UTM
2. GUREV Angela, **secretar științific**, doctor, conferențiar universitar, UTM
3. STURZA Rodica, **membriu**, doctor habilitat, profesor universitar, UTM
4. ȚÎSLINSCAIA Natalia, **membriu**, doctor, conferențiar universitar, UTM
5. GHENDOV-MOȘANU Aliona, **referent**, doctor habilitat, conferențiar universitar, UTM
6. COVALIOV Olga, **referent**, dr.hab.prof.univ., Institutul de Chimie
7. NISTOR Ileana-Denisa, **referent**, prof.dr.ing., Universitatea Vasile Alecsandri din Bacău, România

Susținerea va avea loc la 17 iunie 2022, ora 14.00 în ședința Comisiei de doctorat din cadrul Universității Tehnice a Moldovei, FTA, str. Studenților 9/9, blocul de studii nr.5, aud. 120, MD-2045, Chișinău, Republica Moldova.

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

Rezumatul a fost expediat la 16 mai 2022.

Secretar științific al Comisiei de doctorat,
GUREV Angela, doctor, conferențiar universitar

Conducător științific,
STURZA Rodica, doctor habilitat, profesor universitar

Autor
POPOVICI Violina

CUPRINS

REPERELE CONCEPTUALE ALE CERCETĂRII	4
CONȚINUTUL TEZEI	8
1. EVOLUȚIA STABILITĂȚII OXIDATIVE AI ULEIURILOR VEGETALE ȘI A FRAȚIEI LIPIDICE DIN ALIMENTE COMPLEXE	8
2. MATERIALE ȘI METODE	8
3. CERCETAREA CARACTERISTICILOR FIZICO-CHIMICE ȘI A POTENȚIALULUI ANTIOXIDANT A EXTRACTELOR LIPOSOLUBILE	8
3.1. Caracteristici fizico-chimice a extractelor liposolubile	9
3.2. Cercetarea intensității de formare a produselor oxidării lipidice	11
3.3. Evoluția cantitativă a produșilor oxidării lipidice	14
4. TEHNOLOGII DE FABRICARE A PRODUSELOR COMPLEXE PE BAZĂ DE EXTRACTE LIPOSOLUBILE ȘI PUDRĂ VEGETALĂ DIN FRUCTE	16
4.1. Tehnologia de fabricare a sosului cu conținut sporit de lipide îmbogățit cu extracte liposolubile din pudră de fructe	16
4.2. Tehnologia de fabricare a bomboanelor cu pudră din fructe de pădure	18
4.3. Tehnologia de fabricare a gogoșilor cu pudră din fructe de pădure	20
4.4. Tehnologia de fabricare a mini-checurilor cu pudră din fructe de pădure	23
CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI	25
BIBLIOGRAFIE	28
LISTA PUBLICAȚIILOR AUTORULUI LA TEMA TEZEI	30
ADNOTARE	32
АННОТАЦИЯ	33
ANNOTATION	34

REPERELE CONCEPTUALE ALE CERCETĂRII

Motivația alegerii subiectului. Dezvoltarea continuă a societății, globalizarea afectează inevitabil industria alimentară și procesul de producere a alimentelor. Alimentele de înaltă calitate sunt obținute prin procedee complexe, iar totalitatea proceselor la care sunt supuse influențează atât negativ cât și pozitiv produsul finit, ceea ce ar duce la modificarea calității acestora. Cauza majoră care ar putea duce la deteriorarea alimentelor este oxidarea (Siró et al., 2008; Kaur et al., 2011).

Oxidarea lipidelor din alimente este un proces complex care este influențat de diverși factori așa ca: structura chimică a alimentului; starea fizică; cantitatea și calitatea substanțelor cu rol antioxidant din aliment; modul de procesare, ambalare și condițiile de păstrare a alimentului.

Una din strategiile actuale folosite în industria alimentară cu scopul de a inhiba procesul de oxidare a lipidelor reprezintă utilizarea antioxidanților (Popovici et al., 2019b). Substanțele antioxidante reprezintă substanțe care prelungesc durata de păstrare a produselor alimentare prin a le proteja de diverse modificări care apar în urma procesului de oxidare .

Actualitatea și importanța temei abordate. În prezent, odată cu dezvoltarea societății și creșterea necesităților consumatorilor în domeniul industriei alimentare apare necesitatea de a îmbunătăți calitățile senzoriale și organoleptice ale produselor alimentare, obținerea unor produse alimentare cu valoare biologică sporită, stabilitate oxidativă și microbiologică; produse alimentare sigure și cu un termen optim de păstrare.

Fructele de pădure sunt bogate în antioxidanți, vitamine și substanțe minerale importante din punct de vedere nutrițional (Roman et al., 2013). În prezenta cercetare s-au studiat în special fructele de cătină, păducel și măceșe, care prezintă un concentrat natural de vitamine (C, P, B₁, B₂, E, K), carotenoide, acid folic, izoramnetol, acizi grași nesaturați și fitosteroli, acid nicotinic, ulei volatil etc. (Crețu et al., 2005).

Aferent prezentei lucrării, au fost efectuate mai multe cercetări privind evaluarea stabilității oxidative a extractelor liposolubile cât și a produselor alimentare funcționale cu conținut lipidic sporit în cadrul Universității Tehnice din Moldova cât și în alte laboratoare dotate în acest scop (Haritonov et al., 2018; Ghendov-Mosanu et al., 2020a; 2020b; Sturza et al., 2020; Ghendov-Moșanu et al., 2020; Sandulachi et al., 2021).

Scopul și obiectivele cercetării constă în elucidarea modificărilor chimice care au loc pe parcursul oxidării lipidice, stabilizarea uleiurilor vegetale și evaluarea impactului extractelor liposolubile asupra stabilității oxidative a produselor alimentare complexe prin optimizarea tehnologiei de fabricație.

Obiectivul general al lucrării constă în aprecierea stabilității uleiurilor vegetale în dependență de compuși chimici care se formează în procesul de oxidare lipidelor, stabilizarea uleiurilor vegetale

și evaluarea impactului extractelor liposolubile asupra stabilității oxidative a produselor alimentare complexe prin optimizarea tehnologiei de fabricație.

Pentru realizarea acestui scop au fost propuse următoarele **obiective specifice**:

- Analiza mecanismelor de oxidare lipidică a uleiurilor vegetale, inclusiv determinarea modificărilor chimice care au loc pe parcursul oxidării lipidice în alimente complexe.
- Elaborarea tehnologiei de obținere a extractelor liposolubile din fructe de cătină, păducel și măceșe; caracterizarea compoziției chimice și a parametrilor cromatici CIElab.
- Stabilizarea uleiurilor vegetale cu extracte liposolubile de cătină, păducel și măceșe.
- Elaborarea tehnologiilor de obținere a unor produse alimentare complexe cu adaos de extracte liposolubile și pudre vegetale din cătină, păducel și măceșe.
- Caracterizarea complexului de compuși bioactivi din produse alimentare complexe fortificate; evaluarea activității antioxidante în condițiile digestiei *in vitro*.
- Optimizarea tehnologiei de fabricație a produselor alimentare complexe în baza caracteristicilor lor fizico-chimice și senzoriale.
- Evaluarea influenței extractelor liposolubile asupra stabilității oxidative în timp a produselor alimentare complexe cu conținut lipidic sporit.

Ipoteza cercetării constă în faptul că uleiurile vegetale și produsele alimentare cu conținut lipidic sporit pot fi stabilizate contra procesului de oxidare pe baza compușilor biologic activi din surse naturale.

Sinteza metodologiei de cercetare și justificarea metodelor de cercetare alese. Pentru realizarea lucrării au fost aplicate metode fizico-chimice tradiționale și de înaltă performanță. Pentru caracterizarea extractelor liposolubile au fost aplicate: indicatori fizico-chimici de calitate, HPLC. Capacitatea antioxidantă a fost determinată pentru extractele obținute (metode DPPH, HPSA), și pentru produsele complexe elaborate. A fost aplicată metoda de spectrometrie tandem (LC-MS/MS) pentru identificarea produșilor oxidării lipidice, pentru cercetări *in situ*, au fost utilizate metode senzoriale, fizico-chimice și spectroscopia UV/Vis.

Importanța teoretică și inovația științifică a lucrării constă în argumentarea posibilității de utilizare a compușilor biologic activi din surse regenerabile de cătină, păducel, măceșe, identificarea condițiilor optime de obținere a extractelor liposolubile din surse vegetale autohtone cu potențial antioxidant sporit; argumentarea posibilității de utilizare a extractelor liposolubile și pudrelor vegetale autohtone pentru obținerea unor produse complexe. Această problemă a fost soluționată prin realizarea următoarelor cercetări:

- s-a demonstrat că pe parcursul depozitării uleiului de floare-soarelui se desfășoară procesul de autooxidare lipidică prin formarea și descompunerea hidroperoxidilor și formarea compușilor secundari de oxidare, predominant formarea aldehydilor cu diversă masă

moleculară. S-a constatat că pierderea calității a uleiului de floare soarelui se desfășoară în timp în urma formării circa 60 de aldehide cu masa moleculară mică.

- s-a argumentat posibilitatea de utilizare a compușilor biologic activi din surse vegetale regenerabile de origine autohtonă pentru obținerea extractelor liposolubile cu potențial antioxidant sporit.
- a fost elucidată influența extractelor liposolubile asupra stabilității oxidative a uleiurilor vegetale și s-a determinat activitatea antioxidantă, parametrii cromatici CIELab, indicatorii de calitate a extractelor liposolubile.
- s-a argumentat teoretic și experimental potențialul antioxidant sporit a pudrelor vegetale din surse vegetale autohtone și a extractelor liposolubile obținute prin analiza indicatorilor de calitate, activității antioxidante și parametrilor cromatici CIELab.
- au fost obținute informații științifice noi despre mecanismul și dinamica formării produșilor oxidării lipidice pe parcursul proceselor oxidative.
- au fost elaborate tehnologii de fabricare a produselor complexe cu potențial antioxidant sporit pentru stabilizarea oxidativă a alimentelor.

Semnificația teoretică: Pentru prima dată a fost elaborată metodologia de stabilizare a uleiurilor vegetale din surse regenerabile autohtone; au fost obținute uleiuri cu extracte liposolubile din surse vegetale autohtone cu potențial antioxidant sporit; pentru prima dată a fost utilizată spectrometria de masă tandem pentru stabilirea dinamicii de formare a produșilor oxidării lipidice.

Lucrarea a fost efectuată în baza cercetărilor și experienței acumulate la realizarea următoarelor proiecte naționale și internaționale: **IntelWastes 2SOFT/1.2/83** (2020-2022); **20.80009.5107.09** Ameliorarea calității și siguranței alimentelor prin biotehnologie și inginerie alimentară (2020-2023); **19.80012.51.09A** Produse funcționale obținute prin valorificarea agenților naturali de textură și carotenoide (2019); **18.51.07.01A_PS** Diminuarea contaminării materiei prime și produselor alimentare cu microorganisme patogene (2018-2019); **COST CA Action CA 15136** European Network to advance carotenoid research and applications in agro-food and health (EUROCAROTEN) (2018-2020); **Bursa de Excelență a Federației Mondiale a Savanților**. Proiect "The antioxidant capacity of local berries lipophilic extracts of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides L.*), rosehip (*Rosa Canina L.*), hawthorn (*Crataegus*)", FMS (iunie 2019 - mai 2020); **Bursa Erasmus+** Proiect "Evaluation of oxidized Phosphatidylethanolamine and Phosphatidylcholine plasmalogens", Institutul de Chimie Bioanalitică, Facultatea de Chimie și Minerologie, Universitatea Leipzig, Germania (octombrie 2020 - februarie 2021). **Valoarea aplicativă a lucrării:** În baza rezultatelor experimentale obținute au fost elaborate procedee de obținere a extractelor liposolubile din surse vegetale regenerabile; Au fost elaborate tehnologii de fabricare a următoarelor alimente complexe:

- Sos cu conținut lipidic sporit pe bază de extracte liposolubile din cătină, măceșe și păducel;
- Mini-checuri cu pudră din cătină, păducel și măceșe;
- Gogoși cu pudră din cătină, păducel și măceșe;
- Bomboane cu pudră din cătină, păducel și măceșe;

A fost elucidat impactul pudrelor vegetale, extractelor liposolubile din fructe de cătină, păducel și măceșe asupra indicatorilor de calitate, parametrilor senzoriali, a duratei de păstrare, activității antioxidante și a stabilității oxidative a alimentelor complexe elaborate.

Aprobarea lucrării la foruri științifice naționale și internaționale. Rezultatele obținute pe parcursul realizării lucrării au fost prezentate și discutate la 17 conferințe naționale și internaționale: Conferința Internațională "Modern Technologies in the Food Industry", Chișinău (2018); Simpozion Internațional "EuroAliment", Galați, România (2019); Conferința studenților, masteranzilor și doctoranzilor, Chișinău (2016, 2019, 2020); Sesiune națională de comunicări științifice studențești, Științe ale naturii și exacte, USM, Chișinău (2017); Conferința internațională "Achievements and perspectives of modern chemistry", Chișinău (2019); Colocviu Franco-Român de Chimie Aplicată - COFrRoCA, Bacău, România (2018); Conferința internațională "Achievements And Perspectives Of Modern Chemistry dedicated to the 60th anniversary from the foundation of the Institute of Chemistry", Chișinău (2019); Conferința internațională "Days of the Academy of Technical Sciences of Romania", Chișinău (2019); Conferința internațională științifică și practică specializată "Resource and Energy Saving Technologies of Production and Packing of Food Products as the Main Fundamentals of Their Competitiveness ", Kiev, Ucraina (2019); Conferința internațională "Prospects and problems of research and education integration into the European area", Cahul (2021); Conferința internațională "Constructive Design and Technological Optimization in Machine Building", Bacău, România (2021); International Salon of Scientific Research, Innovation and Inventions PRO INVENT, Cluj-Napoca, România (2018); International Salon of Scientific Research, Innovation and Inventions INVENTICA, Iași, România (2018); Exhibition of Innovation and Research – UGAL, Galați, România (2019); International Specialized Exhibition INFOINVENT, Chișinău (2019); European Exhibition of Creativity and Innovation EUROINVENT, Iași, România (2021).

Publicații la tema tezei. Rezultatele cercetării și problemele abordate în teză au fost publicate în 23 lucrări științifice, inclusiv 5 articole științifice, 1 brevet de invenție, 1 cerere de brevet, 16 articole și rezumate în culegeri ale manifestărilor științifice naționale și internaționale.

Sumarul capitolelor tezei. Lucrarea este expusă pe 112 pagini dactilografiate și include următoarele capitole: adnotare în limbile română, rusă și engleză, introducere, 4 capitole, concluzii și recomandări, bibliografie cu 291 surse și 3 anexe. Lucrarea este ilustrată cu 38 tabele și 41 figuri.

Cuvinte-cheie: ulei vegetal, extract liposolubil, stabilitate oxidativă, alimente complexe, calitate.

CONȚINUTUL TEZEI

1. Evoluția stabilității oxidative a uleiurilor vegetale și a fracției lipidice din alimente complexe

În capitolul 1 este redată caracteristica generală a uleiurilor vegetale, stabilitatea oxidativă și mecanismul de oxidare a lipidelor; sunt expuși factorii care afectează mecanismul oxidării lipidice; impactul oxidării lipidice asupra proprietăților senzoriale a alimentelor complexe; caracteristica complexului antioxidant din produse horticoale locale.

Stabilitatea oxidativă este un indicator important pentru a determina calitatea uleiului și durata de valabilitate (Hamilton, 1994) deoarece compușii cu masă moleculară scăzută (LPP) sunt produși în timpul oxidării. Procesul de oxidare reprezintă unul dintre cele mai răspândite procese de alterare a produselor alimentare, în special cele cu conținut lipidic sporit. Procesul dat poate fi încetinit cu ajutorul compușilor biologic activi cu caracter antioxidant, care se găsesc din belșug în fructele și pomușoarele autohtone.

Utilizarea materiilor prime autohtone reprezintă un avantaj deosebit pentru a reduce considerabil prețurile de producere, astfel încât și prețul pe piață a produsului finit să fie accesibil. Posibilitatea de elaborare a tehnologiei de obținere a extractelor liposolubile din pudre vegetale cu capacitate antioxidantă reprezintă o posibilitate bună de a înlocui aditivii sintetici cu alții naturali în vederea obținerii produselor alimentare complexe sigure și cu un termen de valabilitate sporit.

2. Materiale și metode

În capitolul 2 sunt descrise materii prime și reactivi utilizați în cadrul cercetărilor realizate; sunt descrise metodele fizico-chimice de analiză a extractelor liposolubile din surse vegetale și de identificare a produșilor oxidării lipidice; este descrisă metodologia de determinare a indicatorilor de calitate a extractelor liposolubile și a produselor complexe elaborate.

Obiectele principale de cercetare sunt uleiurile vegetale, fructele de pădure: cătină, păducel și măceșe recoltați în perioada anilor 2016-2019, extractele liposolubile obținute, precum și produse alimentare complexe elaborate cu adaos de extracte și/sau pudre din fructe de pădure.

3. Cercetarea caracteristicilor fizico-chimice și a potențialului antioxidant a extractelor liposolubile

În capitolul 3 este descrisă tehnologia de obținere a extractelor liposolubile din surse vegetale regenerabile; sunt determinați indicatorii de calitate, parametrii cromatici, activitatea antioxidantă și stabilitatea oxidativă a extractelor pe parcursul stocării; a fost cercetată intensitatea formării produșilor oxidării lipidice în timp.

3.1. Caracteristica fizico-chimică a extractelor liposolubile din fructe de pădure

În extractele liposolubile de măceșe, cătină, păducel analizate a fost determinat spectrofotometric conținutul de clorofila α și β , β -caroten, licopen și zeaxantină. Rezultatele obținute constată că extractele liposolubile de măceșe, păducel și cătină cercetate se caracterizează printr-un conținut bogat de carotenoide. ELM conține o cantitate esențială de β -caroten (17,04 mg/L), pe când ELP conține de 1,6 ori mai puțin și ELC de 2,6 ori mai puțin. După o durată de păstrare de 3 luni conținutul de β -caroten a scăzut pentru ELM cu 15%, ELC cu 5% și ELP cu 30%. După 3 luni de stocare a extractelor liposolubile cantitatea de carotenoide s-a modificat neesențial datorită condițiilor de păstrare. Modificările cantitative de carotenoide pot avea loc datorită proceselor oxidative ce au loc pe parcurs, dar sunt încetinite în cazul în care extractele sunt păstrate în vase ermetic închise pentru a exclude accesul de oxigen, la temperaturi joase și în spații întunecate.

Conținutul de acid *L*-ascorbic determinat pentru toate cele trei tipuri de extracte, (fig. 3.1) a fost apropiat de rezultatele raportate anterior de alți cercetători. Diferențele pot fi atribuite condițiilor de cultivare, stării de maturitate, metodelor de extracție a acidului ascorbic și metodelor de determinare a acestuia (Hernández et al., 2006). Valorile obținute sunt pentru extractul de cătină – 19,32±0,70 mg/100g plantă ; extractul de păducel - 12,04±0,70 mg/100g plantă ; extractul de măceșe – 10,75±0,70 mg/100g plantă.

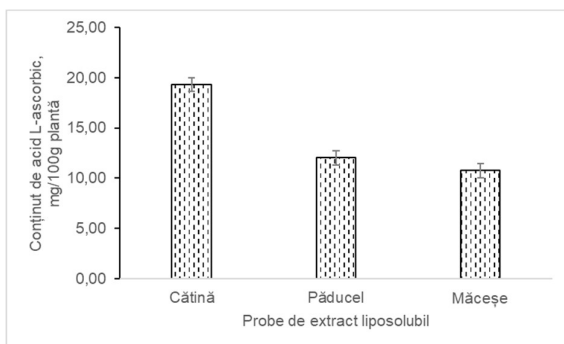


Fig. 3.1. Conținutul de acid *L*-ascorbic în extracte vegetale cercetate, mg/100g

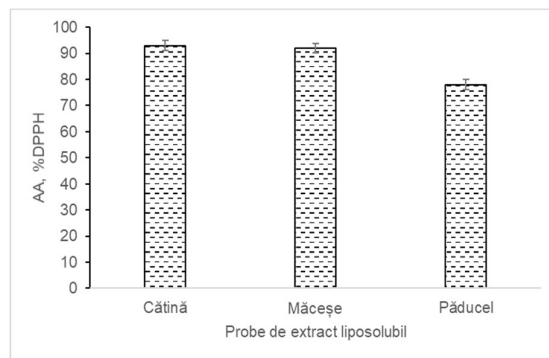


Fig. 3.2. Activitatea antioxidantă în extracte liposolubile de cătină, păducel și măceșe.

În vederea estimării potențialului antioxidant a extractelor liposolubile din surse vegetale studiate a fost efectuată analiza activității antioxidante cu ajutorul radicalului liber DPPH, iar rezultatele obținute sunt prezentate în fig.3.2.

Procesele oxidative pot fi evaluate cu ajutorul unor indicatori de calitate ai lipidelor, care caracterizează starea materiei lipidice. Din acest motiv, este important de a studia evoluția indicilor fizico-chimici și de calitate a uleiurilor cu extracte liposolubile pe parcursul stocării timp de 3 luni. Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul 3.1:

Tabelul 3.1. Indicatori de calitate și inofensivitate a uleiurilor cu extracte liposolubile din fructe de pădure***

Nr.	Indice de calitate**		PM	ELM	ELC	ELP
1	Indice de aciditate, mg KOH/g	0 luni	0,07±0,01	0,17±0,01	0,21±0,01	0,13±0,01
		3 luni	0,48±0,04	0,58±0,04	0,55±0,04	0,42±0,04
2	Indice de peroxid, m _{echiv} O ₂ activ/kg	0 luni	2,30±0,05	1,70±0,04	1,30±0,05	1,70±0,05
		3 luni	4,68±0,13	4,13±0,13	3,66±0,13	3,68±0,13
3	Conținut de diene conjugate – DC, u.c.	0 luni	13,81 ±0,11	6,13±0,11	7,66±0,11	9,76±0,11
		3 luni	18,96±0,11	14,22±0,11	14,30±0,11	15,03±0,11
4	Conținut de triene conjugate – TC, u.c.	0 luni	4,63±0,11	4,68±0,11	4,33±0,11	7,50±0,11
		3 luni	8,39±0,11	5,34±0,11	4,96±0,11	6,42±0,11
5	Indice de p- anisidină, u.c.	0 luni	9,65±0,12	9,93±0,13	8,49±0,13	9,32±0,13
		3 luni	13,97 ±0,13	10,61±0,13	9,83±0,13	10,94±0,13

Notă: rezultatele sunt prezentate ca medie ± abatere standard; **PM – proba martor; ELM – Extract liposolubil de măceșe; ELP – extract liposolubil de păducel; ELC – extract liposolubil de cătină; ***t de extracție 45°C; τ de extracție 180 min.

După o perioadă de 3 luni de stocare se atestă a creștere a valorilor IA pentru toate probele cercetate de ulei și extracte liposolubile, dar care nu depășesc valoarea maximă de 0,6 mg KOH/g ulei, prevăzut conform reglementărilor tehnice în vigoare pentru uleiul vegetal de floarea-soarelui rafinat și dezodorizat.

Indicele de peroxid pentru uleiul de floarea soarelui se află în limitele admisibile (max 10 m_{echiv} O₂/kg). În extractele examinate IP este considerabil mai redus – în cazul extractului de măceșe - cu 0,5 m_{echiv} O₂/kg, iar în cazul extractelor liposolubile de cătină și păducel – cu aproximativ 1,0 m_{echiv} O₂/kg în raport cu indicele de peroxid pentru uleiul de floarea soarelui.

După o durată de stocare de 3 luni, se observă că valorile IP pentru extractele liposolubile de păducel, cătină și măceșe este mai redus în comparație cu PM. Pentru extractele liposolubile IP a crescut pentru ELM cu 40%; pentru ELC cu 35%; pentru EPC cu 46% și pentru PM cu 49%.

În urma cercetării conținutului de diene și triene conjugate în uleiurile vegetale și extractele liposolubile studiate s-a stabilit că pe parcursul a 3 luni de stocare PM atestă o variație considerabilă a conținutului de diene (13,81 – 18,96 u.c.) și triene conjugate (4,63 – 8,39 u.c.) comparativ cu probele cu extract vegetal. Probele cu extract se caracterizează prin valori mult mai mici, care între ele variază nesemnificativ și exprimă faptul că procesul de formare a produșilor primari ai oxidării este încetinit.

Rezultatele obținute demonstrează, că extractele liposolubile de măceșe, cătină și păducel pot fi utilizate pentru obținerea produselor alimentare cu conținut lipidic sporit.

A fost determinată AA în condițiile digestiei gastrice și intestinale *in vitro*. Digestia gastrică și intestinală a fost simulată *in vitro* timp de 2h. Pe parcursul simulării au fost extrase alicote 2h de digestie, care ulterior au fost supuse cercetărilor și determinării AA prin reacția cu radicalul liber DPPH, iar rezultatele obținute sunt prezentate în fig.3.3.

Evaluarea activității antioxidante în urma digestiei gastrice induse (mediu acid) atestă o creștere esențială pentru uleiurile cu extracte liposolubile de cătină, păducel și măceșe în comparație cu PM a cărui valori constituie 17,58 ± 0,90 %. Pentru uleiurile îmbogățite cu extracte

liposolubile valorile constituie: pentru ELC – $46,43 \pm 0,90\%$; pentru ELM - $37,08 \pm 0,90 \%$ pentru ELP- $39,29 \pm 0,90\%$. Valorile ridicate ale activității antioxidante pentru extractele liposolubile în comparație cu PM după 2 ore de digestie se explică prin eliberarea treptată a compușilor biologic activi în procesul de digestie gastrică (Pavan et al., 2014).

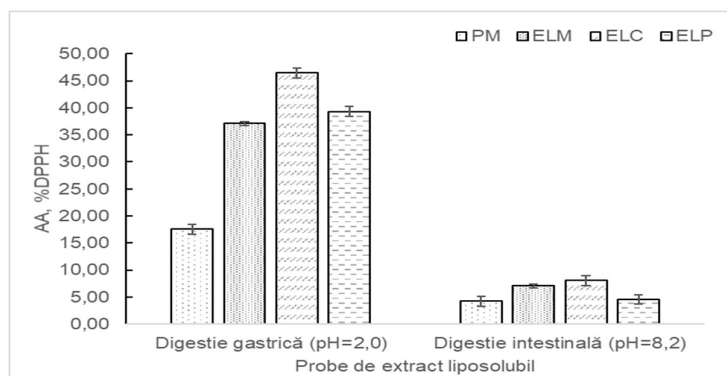


Fig. 3.3. Activitatea antioxidantă a uleiului cu extracte liposolubile *in vitro*: PM – proba martor; ELC – extract liposolubil de cătină ; ELM – extract liposolubil de măceșe ; ELP – extract liposolubil de păducel.

Datele obținute (fig.3.3) ne arată că activitatea antioxidantă a uleiului cu extracte liposolubile de cătină, păducel și măceșe este mai ridicată în comparație cu PM. AA a uleiului de floarea-soarelui constituie $4,26 \pm 0,3\%$, pe când pentru uleiurile cu extracte liposolubile, valorile AA constituie: pentru cătină – $8,09 \pm 0,3\%$; pentru măceșe – $7,06 \pm 0,3 \%$ pentru păducel $4,56 \pm 0,3 \%$. În urma efectuării digestiei intestinale se observă o scădere treptată a activității antioxidante în decurs de 2 ore atât pentru probele cu adaos de extract cât și pentru PM. Acest fapt poate fi explicat prin stabilitatea scăzută a compușilor biologic activi în condițiile mediului alcalin ($pH=8,2 \pm 0,1$) și formarea metaboliților care inhibă activitatea antioxidantă a compușilor biologic activi din produsele studiate.

3.2. Cercetarea intensității de formare a produselor oxidării lipidice

Prođușii secundari ai oxidării au fost analizați prin spectroscopia de masă. Au fost identificați atât produși cu masă moleculară mare cât și cu masă moleculară mică. Așa cum produșii secundari ai oxidării sunt extrem de volatili și imposibil de detectat, s-a efectuat o etapă suplimentară de derivatizare a produșilor cu CHH. Toate produsele oxidării lipidice au fost identificate manual prin analiza detaliată a spectrelor MS2 generate prin softul XCalibur. Mai jos în fig. 3.4 și 3.5 sunt exemplificate câteva spectre de identificare a produselor de reacție atât cu masă moleculară mică cât și masă moleculară mare.

Spectrul de masă tandem (fig. 3.4.) al hidroxi-hexanalului derivat cu CHH ($m/z = 374.2077$) a prezentat un semnal la $m/z=366.1966$ indicând pierderea de apă ($-18 Da$) corespunzătoare grupului OH.

Semnalul intens la $m/z = 244.0966$; un alt semnal la $m/z = 262.1072$ și $m/z=276.1339$ confirmă derivatizarea cu CHH. Semnalul la $m/z = 114.0916$ reprezintă fragmentul ion pentru hidroxi-hexanal ($C_6H_{12}O_2$). Acumularea hidroxi-hexenalului în probele cercetate imprimă probelor analizate miros neplăcut a iarbă, a rânced, și vopsea (Sarolić et al., 2014).

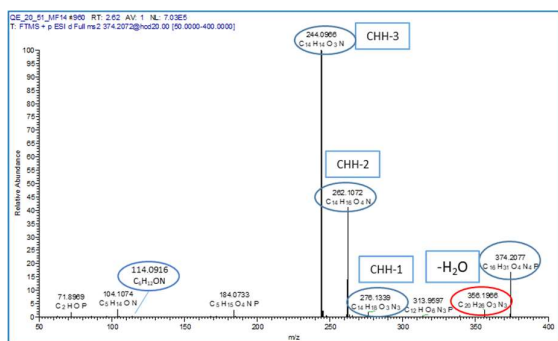


Fig. 3.4. Spectrul MS2 pentru hidroxi-hexanal

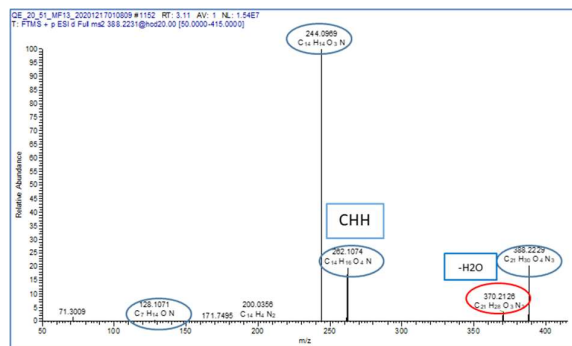


Fig. 3.5. Spectrul MS2 pentru hidroxi-heptanal

Spectrul de masă tandem (fig. 3.5) al hidroxi-heptanalului derivat cu CHH ($m/z = 388.2229$) a prezentat un semnal la $m/z=370.2126$ indicând pierderea de apă (-18 Da) corespunzătoare grupului OH. Semnalul intens la $m/z = 244.0968$; un alt semnal la $m/z = 262.1074$ confirmă derivatizarea cu CHH. Semnalul la $m/z = 128.1071$ reprezintă fragmentul ion pentru hidroxi-heptanal ($C_7H_{14}O_2$).

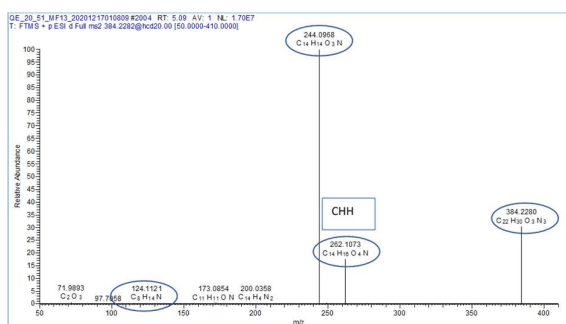


Fig. 3.6. Spectrul MS2 pentru octenal

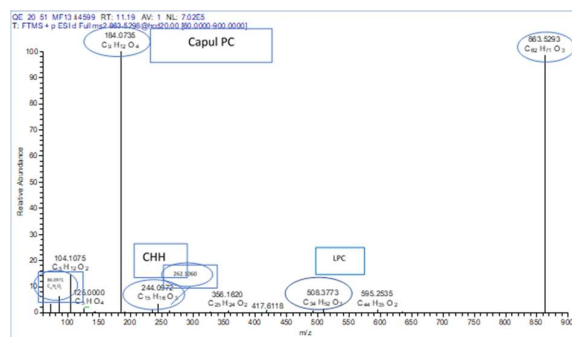


Fig. 3.7. Spectrul MS2 pentru PC(P-18:1/5:0 <oxo@C5>)

Spectrul de masă tandem (fig. 3.6.) al octenalului derivatizat cu CHH ($m/z = 384.2280$) a arătat un semnal intens la $m/z=244.0968$ și un alt semnal minor la $m/z = 262.1073$ care confirmă derivatizarea cu CHH. Semnalul la $m/z=124.1121$ reprezintă ionul fragment pentru octenal ($C_8H_{14}O$).

Spectrul de masă tandem (fig. 3.7.) al PC-ului derivatizat cu CHH (P-18:1/5: 0 <oxo@C5> ($m/z = 863.5293$) a prezentat un semnal relativ intens la $m/z=184.0735$ care reprezintă capul PC. Semnalul intens la $m/z=244.0972$ și un alt semnal minor $m/z=262.1060$ confirmă derivatizarea cu CHH. Semnalul la $m/z=508.3773$ reprezintă ionul fragment pentru 2-LysoPC ($C_{25}H_{51}NO_6P$). Fragmentul ionul $m/z=86.0972$ indică structura sn-2 5C-carbonilului.

Tabelul 3.2. Modificările produșilor oxidării lipidice cu masa moleculară mică derivatizat cu CHH (mod pozitiv)*

Modificare	PC/PE/ oxoLPP	Tipul ionizării	Precursor	Formula chimică (neutră)	Formula chimică (ion)	m/z	Produsul MS2	Formula chimică (ion)	m/z
Trunchiere	oxoLPP	[M+H] ⁺	Pentanal	C ₅ H ₁₀ O	C ₁₉ H ₂₆ N ₃ O ₃	344,1970	CHH-2	C ₁₄ H ₁₆ N ₂ O ₃	262,1074
							CHH-3	C ₁₄ H ₁₂ NO ₃	244,0967
							Fragment ionic	C ₅ H ₁₀ N	84,0812
Trunchiere	oxoLPP	[M+H] ⁺	Hexanal	C ₆ H ₁₂ O	C ₂₀ H ₂₈ N ₃ O ₃	358,2126	CHH-2	C ₁₄ H ₁₆ N ₂ O ₃	262,1074
							CHH-3	C ₁₄ H ₁₂ NO ₃	244,0970
							Fragment ionic	C ₆ H ₁₂ N	98,0969
Trunchiere, OH adiție	oxoLPP	[M+H] ⁺	Hidroxi-hexanal	C ₆ H ₁₂ O ₂	C ₂₀ H ₂₈ N ₃ O ₄	374.2072	Pierdere H ₂ O	C ₂₀ H ₂₆ N ₃ O ₃	356.1966
							CHH-1	C ₁₄ H ₁₈ N ₃ O ₃	276.1339
							CHH-2	C ₁₄ H ₁₆ N ₂ O ₃	262.1072
							CHH-3	C ₁₄ H ₁₂ NO ₃	244.0966
Trunchiere	oxoLPP	[M+H] ⁺	Heptenal	C ₇ H ₁₂ O	C ₂₁ H ₂₈ N ₃ O ₃	370,2126	Fragment ionic	C ₆ H ₁₂ NO	114.0916
							CHH-2	C ₁₄ H ₁₆ N ₂ O ₃	262,1074
							CHH-3	C ₁₄ H ₁₂ NO ₃	244,0968
							Fragment ionic	C ₇ H ₁₂ N	110,0970
Trunchiere	oxoLPP	[M+H] ⁺	Octanal	C ₈ H ₁₆ O	C ₂₂ H ₃₂ N ₃ O ₃	386,2438	CHH-2	C ₁₄ H ₁₆ N ₂ O ₃	262,1073
							CHH-3	C ₁₄ H ₁₂ NO ₃	244,0968
							Fragment ionic	C ₈ H ₁₆ N	126,1277
Trunchiere, OH adiție	oxoLPP	[M+H] ⁺	Hidroxi-octanal	C ₈ H ₁₆ O ₂	C ₂₂ H ₃₂ N ₃ O ₄	402.2380	Pierdere H ₂ O	C ₂₂ H ₃₀ N ₃ O ₃	384.2279
							CHH-1	C ₁₄ H ₁₈ N ₃ O ₃	276.1335
							CHH-2	C ₁₄ H ₁₆ N ₂ O ₃	262.1070
							CHH-3	C ₁₄ H ₁₂ NO ₃	244.0965
Trunchiere, OH adiție	oxoLPP	[M+H] ⁺	Hidroxi-nonenal	C ₉ H ₁₆ O ₂	C ₂₃ H ₃₂ N ₃ O ₄	414,2390	Pierdere H ₂ O	C ₂₃ H ₃₀ N ₃ O ₃	396,2282
							CHH-2	C ₁₄ H ₁₆ N ₂ O ₃	262,1074
							CHH-3	C ₁₄ H ₁₂ NO ₃	244,0969
							Fragment ionic	C ₉ H ₁₇ N	139,1118
Trunchiere, epoxidare	oxoLPP	[M+H] ⁺	Epoxi-nonenal	C ₉ H ₁₄ O ₂	C ₂₃ H ₃₀ N ₃ O ₄	412.2223	CHH-2	C ₁₄ H ₁₆ N ₂ O ₃	262.1074
							CHH-3	C ₁₄ H ₁₂ NO ₃	244.0968
							Fragment ionic	C ₉ H ₁₄ NO	152.1067
Trunchiere, OH adiție	oxoLPP	[M+H] ⁺	Hidroxi-nonadienal (PC)	C ₉ H ₁₄ O ₂	C ₂₃ H ₃₀ N ₃ O ₄	412.2232	Pierdere H ₂ O	C ₂₃ H ₂₈ N ₃ O ₃	394.2201
							CHH-2	C ₁₄ H ₁₆ N ₂ O ₃	262,1074
							CHH-3	C ₁₄ H ₁₂ NO ₃	244,0969
							Fragment ionic	C ₉ H ₁₇ N	152.1100
Trunchiere, Epoxidare	oxoLPP	[M+H] ⁺	Epoxi undecadienal	C ₁₁ H ₁₆ NO ₂	C ₂₅ H ₃₂ N ₃ O ₄	438,2389	CHH-2	C ₁₄ H ₁₆ N ₂ O ₃	262,1073
							CHH-3	C ₁₄ H ₁₂ NO ₃	244,0968
							Fragment ionic	C ₁₁ H ₁₆ ON	178,1225

Oxidarea lipidelor se propagă prin diferite căi care includ: reacția Russell, rearanjarea Hock, abstracția de H din structura lipidelor adiacente nemodificate etc. Datorită diversității și complexității compușilor lipidici în natură, încă nici un protocol de analiză nu a fost capabil să extragă toate clasele de lipide cu aceeași eficiență (Lange et al., 2019). Separarea LPP-urilor de lipide oxidate a fost efectuată prin cromatografie lichidă în fază inversă pe coloana C18. Evaluarea plasmalogenilor oxoPE și oxoPC a fost realizată cu succes, atât cu ionizare ESI în modul negativ, cât și cu ionizare ESI în modul ion-pozitiv. Derivația CHH permite identificarea atât a LPP cu greutate moleculară mică, cât și a LPP cu greutate moleculară ridicată.

În urma testărilor au fost identificați produși ai oxidării lipidice formați ca urmare a clivării lanțurilor alchil a hidroperoxidilor și anume: pentanal, hidroxi-hexanal, heptanal, heptenal, hidroxi-nonenal sau hidroxi-decadienal etc. Cromatografia lichidă cu fază inversă a permis separarea produșilor oxidării lipidice în dependență de hidrofobicitatea acestora care este influențată de lungimea lanțului acil și de numărul și poziția legăturilor duble. Separarea eficientă a LLP a fost asigurată prin utilizarea fazei staționare C18 și fazei mobile compuse din apă bidistilată, acetonitril și izopropanol în gradient. Identificarea produșilor oxidării lipidice a fost posibilă datorită prezenței semnalelor distincte cu un anumit raport masă/sarcină (m/z) specific pentru fiecare compus identificat așa ca prezența derivatizării cu CHH confirmate prin semnalele $m/z=262,1074$ și $m/z=244,0967$. Fragmentele ionice pentru fiecare compus identificat au fost confirmate prin semnale distincte ca de exemplu pentru octanal semnalul $m/z=126,1277$; pentru hidroxi-nonenal semnalul $m/z=139,1118$; pentru heptadecanal semnalul $m/z=226,7829$ etc.

În rezultatul testărilor prin metoda de cromatografie lichidă cuplată la spectrometrie de masă în tandem (LC-MS/MS) au fost indentificați 83 produși ai oxidării lipidice (tabelul 3.2.).

Rezultatele prezentate mai sus demontrează diversitatea de produse al oxidării lipidice formate prin adiția de oxigen (epoxidarea, adiția OH) și clivajul oxidativ (aldehide și acizii carboxilici corespunzători). Rata oxidării lipidice este determinată de un set complex de factori ce includ compoziția acizilor grași a lipidelor analizate sau prezența compușilor cu caracter antioxidant (ex.: tocoferol). Identificarea LPP a permis studierea mecanismelor de oxidare lipidică și analiza evoluției cantitative a produșilor oxidării lipidice care s-au format în procesul de oxidare.

3.3. Evoluția cantitativă a produșilor oxidării lipidice

În lucrare s-a analizat cantitatea de LPP formați timp de 30 ore prin mecanismul de oxidare indus de Reacția Fenton la 45°C. Produșii primari ai reacției de oxidare sunt instabili, se descompun și conduc la scindarea homolitică și formarea compușilor volatili, care reprezintă

produși secundari ai oxidării și includ aldehide și cetone. Aceste componente influențează negativ calitatea produsului alimentar prin formarea mirosului de rânțed.

Oxidarea lipidelor, în special a fosfolipidelor care au în structura lor acizi grași nesaturați conduc la formarea unui șir larg de compuși alchidici. În acest context, în continuare au fost studiați produșii de reacție ai oxidării fosfolipidelor și anume PE (Fosfatidil-etanolamină) și PC (Fosfatidil-colină).

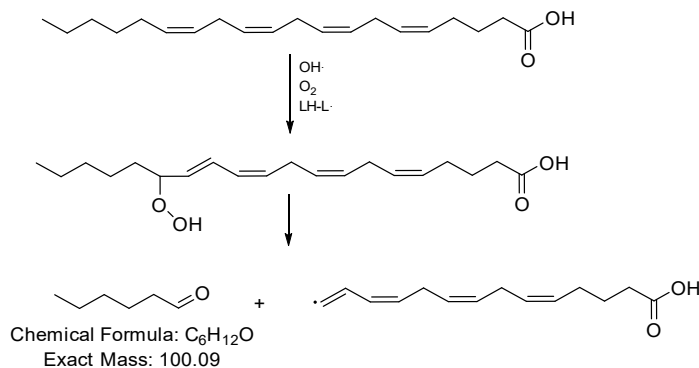


Fig. 3.8. Mecanismul de formare a hexanalului (după Coliva et al., 2020)

Analizând dinamica formării hexanalului pe parcursul oxidării fosfolipidelor PC și PE observăm că hexanalul format în urma oxidării lipidelor PE are o evoluție constantă pe tot parcursul celor 30 ore. Valorile inițiale la 0h de oxidare valorile pentru lipidele PC sunt considerabil mai joase în comparație cu PE, dar pe parcursul a 3 h atestă o creștere esențială a conținutului de hexanal format (fig. 3.8.; fig. 3.9.a).

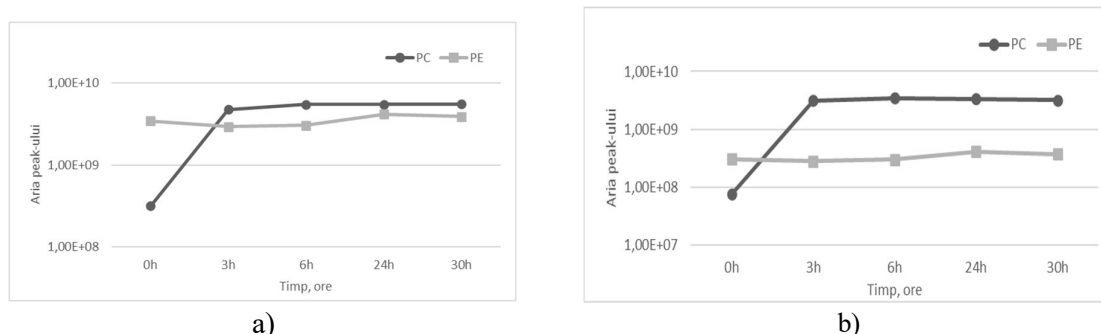


Fig. 3.9. Dinamica formării unor produși ai oxidării lipidice pentru fosfatidilcolină (PC) și fosfatidiletanolamină (PE): a - hexanal; b – hidroxi-nonenal

Compusul hidroxi-nonenal (HNE) reprezintă un produs mutagenic și citotoxic al oxidării acidului linoleic. Evoluția acestui compus format în urma oxidării lipidelor PE atestă o creștere stabilă pe toată perioada de expunere la temperaturi ridicate. Creșterea conținutului de HNE în cazul lipidelor PC atestă o evoluție considerabilă în primele 3 ore de expunere la temperaturi ridicate. După 24 ore de expunere se atestă o scădere ușoară a conținutului de HNE ceea ce poate fi explicat prin degradarea ulterioară a alchidelor și formarea unor noi compuși datorită temperaturilor ridicate (fig. 3.9.b; fig. 3.10).

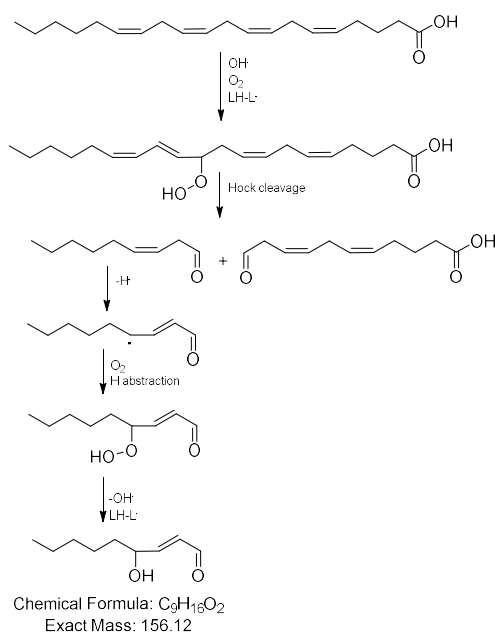


Fig. 3.10. Mecanismul de formare a hidroxi-nonenalului (după Coliva et al., 2020)

Pe parcursul cercetărilor efectuate au fost identificate peste 63 de produși de reacție ai oxidării lipidice PE și PC printre care se identifică produși ai oxidării cu masă moleculară mică, care au fost identificați prin derivatizarea cu CHH. La fel, au fost identificați și produși cu masă moleculară mare, atât în modul negativ cât și pozitiv.

4. Tehnologii de fabricare a produselor complexe pe bază de pudră vegetală din fructe și extracte liposolubile

În capitolul 4 sunt descrise tehnologiile de obținere a produselor alimentare complexe cu potențial antioxidant sporit; s-au studiat indicatorii de calitate, parametrii cromatici, activitatea antioxidantă și stabilitatea oxidativă a alimentelor complexe.

4.1. Tehnologia de fabricare a sosului cu conținut sporit de lipide îmbogățit cu extracte liposolubile din pudră de fructe

Pentru a cerceta stabilitatea complexului lipidic în produsele alimentare pe bază de ulei vegetal a fost propusă fabricarea sosului cu un conținut de grăsime de ~30%. Pentru cercetare s-au utilizat extracte liposolubile din surse vegetale: de cătină, păducel și măceșe prin substituirea uleiului vegetal de floarea-soarelui din rețetă.

Pentru analiza senzorială au fost apreciați 5 parametri de bază și anume: culoare, gust, conștientă, aspect, miros. Evaluarea fiecărui indice a fost apreciat cu scara de punctaj de 1-5 puncte. Sosul îmbogățit cu extract de cătină atestă un punctaj mediu de 18,51 - neesențial mai scăzut, fapt care se

datorează gustului acrișor - astringent specific fructelor de cătină. Probele de sos cu extract de măceșe și păducel atestă modificări neesențiale de gust, miros, consistență în comparație cu PM. S-a stabilit că probele cercetate cu extract de cătină, păducel și măceșe sunt plăcute la gust și miros, cu o consistență omogenă și câteva incluziuni de bule de aer care sunt admisibile conform documentelor normative în vigoare. În urma concluziilor efectuate s-a stabilit că probele cercetate sunt apreciate pozitiv și ca rezultat reprezintă produse alimentare funcționale potențiale care pot fi destinate pentru consum. Utilizarea extractelor liposolubile îmbogățite cu cătină, păducel și măceșe prezintă o posibilitate bună de a spori valoarea biologică a produsului finit, în cazul dat a sosurilor într-un mod natural și fără risc pentru sănătatea consumătorilor.

Au fost analizați principalii indicatori de calitate a produselor alimentare cu conținut lipidic sporit. Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul 4.1. După o perioadă de 3 luni de stocare se atestă a creștere a valorilor IA pentru toate probele cercetate de sos. Valorile IA pentru PM($0,78\pm 0,04$ mgKOH/g) și SEC ($0,65\pm 0,04$ mgKOH/g) depășesc limita maximă de 0,6 mgKOH/g prevăzută conform reglementărilor tehnice și se recomandă de a păstra sosul cu extract de cătină până la 2 luni. În cazul SEM ($0,58\pm 0,04$ mgKOH/g) și SEP ($0,52\pm 0,04$ mgKOH/g), valorile IA nu depășesc valoarea maximă admisibilă conform actelor normative în vigoare și se recomandă de a le păstra până la 3 luni.

Tabelul 4.1. Indicatori de calitate a sosului îmbogățit cu extracte liposolubile*

Nr.	Indicator de calitate	Durata de păstrare	PM	SEM	SEC	SEP
1	Indice de aciditate, mg KOH/g	0 luni	$0,38\pm 0,01$	$0,40\pm 0,01$	$0,41\pm 0,02$	$0,35\pm 0,02$
		3 luni	$0,78\pm 0,04$	$0,58\pm 0,04$	$0,65\pm 0,04$	$0,52\pm 0,04$
2	Indice de peroxid, $m_{echiv} O_2$ activ/kg	0 luni	$2,33\pm 0,05$	$1,11\pm 0,04$	$1,78\pm 0,05$	$1,00\pm 0,05$
		3 luni	$5,68\pm 0,13$	$3,85\pm 0,13$	$4,06\pm 0,13$	$4,28\pm 0,13$
3	Conținut de diene conjugate – DC, u.c.	0 luni	$15,21 \pm 0,11$	$7,53\pm 0,11$	$8,96\pm 0,11$	$10,26\pm 0,11$
		3 luni	$20,16\pm 0,11$	$11,92\pm 0,11$	$14,30\pm 0,11$	$16,83\pm 0,11$
4	Conținut de triene conjugate – TC, u.c.	0 luni	$9,83\pm 0,11$	$6,18\pm 0,11$	$5,33\pm 0,11$	$8,08\pm 0,11$
		3 luni	$12,69\pm 0,11$	$7,34\pm 0,11$	$6,56\pm 0,11$	$9,02\pm 0,11$

*Nota: PM – proba martor; SEC – sos cu extract de cătină; SEP – sos cu extract de păducel; SEM – sos cu extract de măceșe. * t de extracție 45°C; τ de extracție 180 min*

După o durată de stocare de 3 luni, se observă că valorile IP pentru SEC ($4,06\pm 0,13 m_{echiv} O_2/kg$), SEM ($3,85\pm 0,13 m_{echiv} O_2/kg$) și SEP ($4,28\pm 0,13 m_{echiv} O_2/kg$) este mai redus în comparație cu PM. Extractele liposolubile de cătină, păducel și măceșe atestă caracter antioxidant datorită compușilor biologic activi (carotenoide, acid ascorbic, polifenoli) din sursele vegetale regenerabile.

În urma cercetării conținutului de diene și triene conjugate în uleiurile vegetale și extractele liposolubile studiate s-a stabilit că pe parcursul a 3 luni de stocare PM atestă o variație considerabilă a conținutului de diene și triene conjugate comparativ cu probele cu extract de cătină, de păducel și măceșe.

Conținutul de diene conjugate pentru SEM a crescut de 1,5 ori, pentru SEC și SEP de 1,6 ori. Conținutul de triene conjugate în PM a crescut de 1,3 ori, iar pentru SEM și SEP de 1,1 ori și pentru SEC de 1,2 ori. Pe baza datelor obținute s-a stabilit că probele de sos cu extract liposolubil se caracterizează prin valori mult mai mici, care între ele variază nesemnificativ și exprimă faptul că procesul de formare a produșilor primari ai oxidării este încetinit. Concentrația de 18% extract este recomandată pentru fabricarea sosului emulsionat cu adaos de extract liposolubil de cătină, păducel și măceșe. Durata optimă de păstrare recomandată a sosurilor cu extract liposolubil din cătină, păducel și măceșe este de 2 luni la temperatura de păstrare +4°C.

4.2. Tehnologia de fabricare a bomboanelor cu pudră din fructe de pădure

Bomboanele sunt produse de cofetărie pe larg răspândite și adorate de consumătorii de toate vârstele. Însă este bine de știut aspectele nocive ale zaharurilor rafinate sau procesate pe care le prezintă asupra sănătății. Astfel a fost elaborată tehnologia de obținere a bomboanelor unde pudra vegetală de cătină, păducel și măceșe a fost utilizat ca ingredient natural cu potențial antioxidant (tabelul 4.2).

Tabelul 4.2. Rețeta de fabricare a bomboanelor cu pudră din fructe de pădure.

Materii prime	Consumul de materii prime pentru 100 kg de produs finit						
Nuci caju, kg	62,5						
Miere naturală, kg	5,00						
Scorțișoară, kg	2,50						
Alune măcinate, kg	25,00						
Cacao, kg	4,50			4,75			5,00
Pudră de cătină, kg	0,50	-	-	0,25	-	-	-
Pudră de păducel, kg	-	0,50	-	-	0,25	-	-
Pudră de măceșe, kg	-	-	0,50	-	-	0,25	-
Total:	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

În urma evaluării indicilor organoleptici s-a stabilit că probele cercetate cu adaos de pudră de măceș, sau cătină, sau păducel au un gust și miros plăcut, cu o consistență omogenă, culoare de la galben-portocalie spre roșietică, care este caracteristică fructelor de pădure cercetate.

Tabelul 4.3. Evaluarea indicilor organoleptici* a bomboanelor cu pudră din fructe de pădure.

Parametru	PM	BPM		BPC		BPP	
		5%	10%	5%	10%	5%	10%
Aspect și formă	4,95±0,05	4,89±0,05	4,67±0,04	4,76±0,03	4,65±0,05	4,60±0,04	4,40±0,05
Consistența	4,97±0,05	4,79±0,05	4,45±0,04	4,65±0,03	4,35±0,04	4,70±0,04	4,55±0,05
Culoare	4,50±0,05	4,32±0,03	4,80±0,05	4,50±0,05	4,70±0,04	4,60±0,03	4,55±0,04
Gust	4,38±0,05	4,75±0,04	4,25±0,04	4,80±0,05	4,50±0,05	4,78±0,04	4,50±0,04
Miros	4,90±0,05	4,95±0,05	4,35±0,03	4,70±0,04	4,20±0,06	4,60±0,05	4,50±0,04
Total	23,03±0,12	22,61±0,13	23,5±0,13	21,96±0,13	23,02±0,10	23,28±0,10	23,4±0,13

*media, conform baremului de 5 puncte, conform ISO 6658:2017; $p < 0,05$. Nota: PM – proba martor; BPC – bomboane cu pudră de cătină; BPP – bomboane cu pudră de păducel; BPM – bomboane cu pudră de măceșe.

Adaosul de pudre de cătină, păducel și măceșe are influență pozitivă asupra indicilor senzoriali, în special a gustului, mirosului și culorii (tabelul 4.3). Pentru bomboane cu adaos de pudre vegetale se recomandă substituirea nucilor cu 5% pudră de cătină, păducel și măceșe.

În a cincea zi de la prepararea bomboanelor cu pudră din fructe de pădure a fost determinat spectrofotometric conținutul de clorofila α și β , β -caroten, licopen și zeaxantină. Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul 4.4.

Tabelul 4.4. Conținutul de carotenoide în bomboane cu pudră din fructe

Carotenoide	BPM	BPC	BPP
Adaos – 5%			
Clorofila α , mg/L	0,68±0,02	0,75±0,01	0,85±0,02
Clorofila β , mg/L	1,39±0,04	1,56±0,01	1,98±0,04
β -caroten, mg/L	17,18±0,01	16,58±0,03	14,58±0,01
Licopen, mg/L	18,13±0,04	17,23±0,05	16,15±0,01
Zeaxantină, mg/L	18,02±0,02	17,56±0,01	15,99±0,04
Adaos 10 %			
Clorofila α , mg/L	0,79±0,01	0,84±0,01	0,99±0,01
Clorofila β , mg/L	1,75±0,02	2,02±0,01	2,54±0,01
β -caroten, mg/L	20,16±0,01	19,34±0,01	17,85±0,05
Licopen, mg/L	22,11±0,04	21,06±0,01	19,25±0,04
Zeaxantină, mg/L	21,98±0,01	21,56±0,03	18,33±0,03

Nota: PM – proba martor; BPC – bomboane cu pudră de cătină; BPP – bomboane cu pudră de păducel; BPM – bomboane cu pudră de măceșe.

După sporirea conținutului de pudră vegetală administrată s-a constatat că conținutul de β -caroten s-a mărit esențial pentru BPM10% și BPC10% - de 1,2 ori și pentru BPP10% - de 1,3 ori. Conținutul de clorofila α și clorofila β în medie s-a mărit cu 15% și respectiv 28%. Conținutul de licopen s-a mărit pentru BPM10%, BPC10% și BPP10% - de 1,2 ori. La fel și conținutul de zeaxantină pentru probele cercetate BPM10%, BPC10% și BPP10% atestă valori de 1,2 ori mai mari.

În vederea studierii evoluției activității antioxidante a produselor complexe cu adaos de pudre vegetale a fost efectuată simularea digestiei gastrice cât și a digestiei intestinale în timp. Rezultatele obținute sunt prezentate în fig. 4.1.

Evaluarea activității antioxidante în urma digestiei gastrice induse (pH=2,0±0,1) atestă o creștere esențială pentru probele cu adaos de pudră în comparație cu PM a cărui valori constituie: pentru PM – 30,18± 1,20%; pentru BPM – 70,07±0,80%; pentru BPC – 64,26±1,20%; pentru BPP – 58,45±1,20%. Modificările care apar pe parcursul digestiei gastrice și creșterea considerabilă a activității antioxidante pentru probele îmbogățite cu pudră vegetală se datorează compușilor biologic activi din compoziția matriței alimentului ingerat. În continuarea procesului de digestie gastrointestinală a fost efectuată simularea fazei de digestie intestinală indusă prin incubarea probelor în mediu alcalin (pH=8,2±0,1) și determinarea activității antioxidante după o perioadă de 2 ore. Datele

obținute ne arată că activitatea antioxidantă a probelor cu adaos de pudră vegetală a scăzut pentru PM de 1,6 ori; pentru BPM – de 2,69 ori; pentru BPC – de 2,37 ori; pentru BPP – de 2,93 ori.

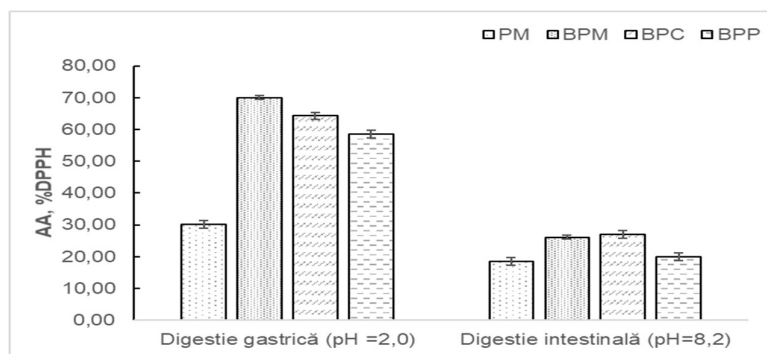


Fig. 4.1 Activitatea antioxidantă a bomboanelor în condițiile digestiei gastrice și intestinale: BPC – bomboane cu pudră de cătină ; BPM – bomboane cu pudră de măceșe ; BPP – bomboane cu pudră de păducel.

Acest fapt poate fi explicat prin stabilitatea scăzută a compușilor biologic activi în condițiile mediului alcalin ($pH=8,2\pm 0,1$) și formarea metaboliților care inhibă activitatea antioxidantă a compușilor biologic activi din produsele cercetate (Lucas-González et al., 2018).

4.3. Tehnologia de fabricare a gogoșilor cu pudră din fructe de pădure

Deoarece oamenii preferă alimente de tip fast-food și acele produse care necesită un timp scurt de preparare, utilizarea produselor cu valoare nutritivă ridicată devine tot mai importantă (Saraf et al., 2019). Astfel s-a propus de a înlocui făina de grâu cu pudră vegetală de cătină, păducel și măceșe în raport de 5 și 10%.

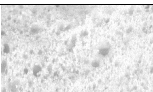

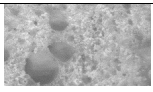
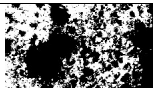
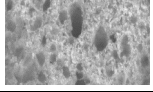
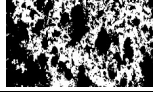
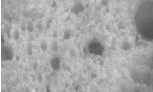

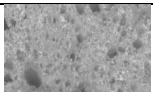
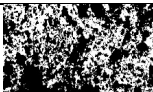
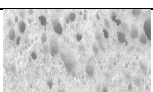

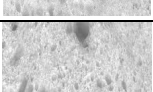
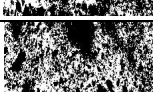
Rezultatele analizei senzoriale ne demonstrează că adăugarea de 5% pudră de măceșe și cătină a influențat favorabil indicii organoleptici ale probelor obținute. Scorurile totale ale analizei organoleptice a eșantioanelor de 5% și 10% de pudră de măceșe, păducel și cătină sunt în intervalul de 26,00 - 30,00, ceea ce implică faptul că produsele sunt de bună calitate și pot fi propuse pentru consum potențialilor consumatori. Pentru gogoși cu adaos de pudre vegetale se recomandă substituirea făinii de grâu cu 5% pudră de cătină, păducel și măceșe.

Porozitatea produselor complexe este determinată cu ajutorul unui soft electronic ImageJ, care măsoară mărimea porilor, numărul acestora, iar rezultatul este prezentat în procente. În cazul gogoșilor porozitatea reprezintă o caracteristică semnificativă, de aceea este importat ca adaosul de pudră de fructe să nu influențeze negativ acest factor (tabelul 4.5).

În urma determinării porozității produselor complexe toate probele au o porozitate bună, putem observa că probele cu adaos de pudră de fructe au o porozitate mai mare decât proba martor, acesta este un beneficiu, cea mai mare porozitate este la proba cu adaos de pudră de măceșe (5%), aceasta constituie 67,87%. Vitaminele și carbohidrații simpli din pudra de fructe stimulează activitatea

fermentativă a drojdiei de panificație, influențând pozitiv porozitatea gogoșilor. Acesta este un factor important deoarece porozitatea contribuie la digestibilitatea produselor de panificație. Cu cât este mai mare porozitatea, cu atât este mai ușor de digerat de către organismul uman.

Tabelul 4.5. Analiza porozității gogoșilor cu ajutorul softului ImageJ

Nr.	Denumirea probei	Imagine RGB	Imagine binară	Porozitatea, %
1	PM			52,9±1,6
2	GPP5%			57,7±1,9
3	GPP10%			58,6±2,1
4	GPM5%			67,9±2,0
5	GPM10%			61,2±1,5
6	GPC5%			61,3±1,4
7	GPC10%			61,7±1,5

Nota: PM – proba martor; GPC – gogoși cu pudră de cătină; GPP – gogoși cu pudră de păducel; GPM – gogoși cu pudră de măceșe.

Au fost cercetate proprietățile fizice a gogoșilor cu adaos de 10% pudră din fructe până și după procesul de prăjire cu scopul de a studia modificările care au loc în timpul procesului de prăjire. Rezultatele obținute sunt prezentate în fig. 4.2.

În conformitate cu cercetările efectuate de către (Ragae et al., 2011) substituția parțială a făinii de grâu cu unele cereale poate cauza reducerea în volum a produselor de panificație. Așadar valoarea variației volumului pentru PM variază de la 1,75 până la 3,86%; pentru GPC – de la 1,30 la 2,25%; pentru GPM -de la 1,33 – 2,17% și respectiv GPP – 1,29 – 2,07%.

Au fost obținute probe de gogoși prăjite în ulei vegetal la $t=180^{\circ}\text{C}$ prin metoda deep-fry. Rezultatele obținute în urma extracției grăsimilor prin metoda Soxhlet sunt prezentate în fig. 4.3. și ne arată că probele cu adaos de pudre vegetale atestă un conținut redus de ulei absorbit la prăjire în comparație cu PM, a cărei valori constituie – $17,67\pm 0,40\%$. Probele cu adaos de pudre vegetale sunt caracterizate prin următoarele valori: GPP – $15,47\pm 0,20\%$; GPC – $14,82\pm 0,10\%$ și respectiv GPM –

14,03±0,40%. Diminuarea conținutului de ulei absorbit la prăjire se datorează diversificării rețetei de obținere a gogoșilor prin adaosul de pudre vegetale.

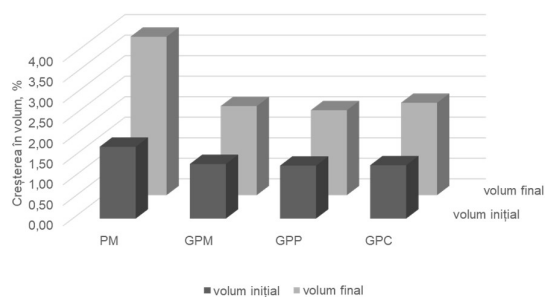


Fig. 4.2 Creșterea în volum a gogoșilor în timpul prăjirii, %. PM – Proba martor; GPM – gogoși cu pudră de măceșe, GPP – gogoși cu pudră de păducel; GPC – gogoși cu pudră de cătină.

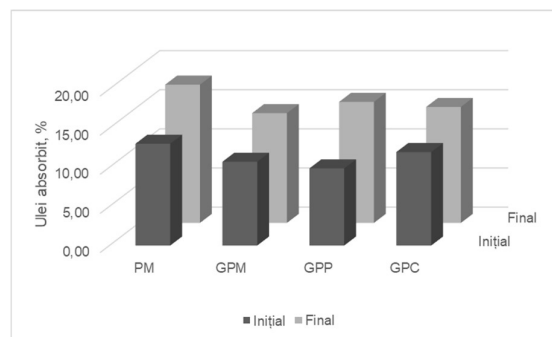


Fig. 4.3 Diminuarea conținutului de ulei absorbit la prăjire, %. PM – Proba martor; GPM – gogoși cu pudră de măceșe, GPP – gogoși cu pudră de păducel; GPC – gogoși cu pudră de cătină, p<0,05

La studierea evoluției activității antioxidante a produselor complexe cu adaos de pudră de cătină, păducel și măceșe a fost efectuată simularea digestiei gastrice cât și a digestiei intestinale *in vitro* pentru gogoșile cu adaos de 5% pudră din fructe. Rezultatele obținute sunt prezentate în fig. 4.4. Evaluarea activității antioxidante în urma digestiei gastrice atestă o creștere esențială pentru probele cu adaos de pudră în comparație cu PM a cărei valori constituie: pentru PM – 19,08± 0,70%; pentru GPM – 51,57 ± 1,30%; pentru GPC – 50,26 ± 1,30%; pentru GPP – 36,45±1,30%. Modificările care apar pe parcursul digestiei gastrice și creșterea considerabilă a activității antioxidante pentru probele îmbogățite cu pudră vegetală se datorează compușilor biologic activi din compoziția matriței alimentului ingerat (Rodríguez-Roque et al., 2013)

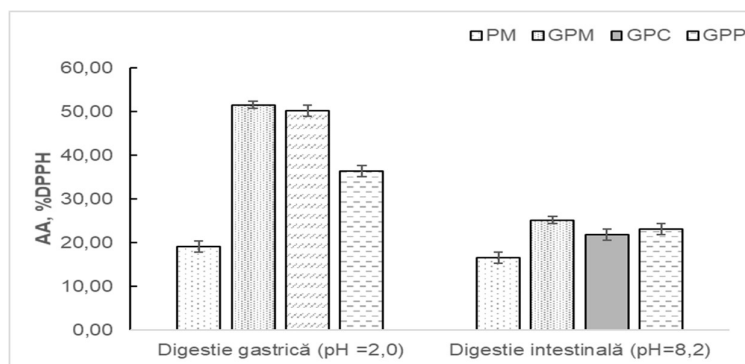


Fig. 4.4 Activitatea antioxidantă a gogoșilor în condițiile digestiei gastrice și intestinale: GPC – gogoși cu pudră de cătină ; GPM – gogoși cu pudră de măceșe ; GPP – gogoși cu pudră de păducel.

În continuarea procesului de digestie gastrointestinală a fost efectuată simularea fazei de digestie intestinală și datele obținute ne arată că activitatea antioxidantă a probelor cu adaos de pudră

vegetală atestă o scădere esențială pentru probele cu adaos de pudră în comparație cu PM a cărei valori constituie: pentru PM – $16,58 \pm 0,80\%$; pentru GPM – $25,15 \pm 0,80\%$; pentru GPC – $21,84 \pm 0,80\%$; pentru GPP – $23,16 \pm 0,80\%$. Se observă o scădere treptată a activității antioxidante după 2 ore de incubare atât pentru probele cu adaos de pudră cât și pentru proba martor datorită modificărilor de pH, de la mediul acid (digestia gastrică) spre mediul alcalin (digestia intestinală) (Lucas-González et al., 2018). Acest fapt poate fi explicat prin stabilitatea scăzută a compușilor biologic activi în condițiile mediului alcalin ($\text{pH}=8,2 \pm 0,1$) și formarea metaboliților care inhibă activitatea antioxidantă a compușilor biologic activi din produsele cercetate.

4.4. Tehnologia de fabricare a mini-checurilor cu pudră din fructe de pădure

Pentru a putea estima caracteristicile fizico-chimice și senzoriale a produselor complexe cu adaos de pudră vegetală s-a pus drept scop pregătirea mini-checurilor cu pudră de fructe. În vederea analizei parametrilor senzoriali și fizico-chimici a adaosului de pudră vegetală de cătină, sau păducel, sau măceșe și impactul acestora asupra produselor de patiserie a fost propusă înlocuirea făinii de grâu cu pudră de fructe după următoarele concentrații de 5% și 10% respectiv.

Tabelul 4.6. Conținutul de carotenoide în mini-checuri cu pudră din fructe

Carotenoide	CPM	CPC	CPP
Adaos 5%			
Clorofila α , mg/L	2,68 \pm 0,02	2,15 \pm 0,01	1,32 \pm 0,02
Clorofila β , mg/L	4,39 \pm 0,04	3,88 \pm 0,02	2,75 \pm 0,04
β -caroten, mg/L	37,18 \pm 0,01	34,36 \pm 0,01	30,38 \pm 0,01
Licopen, mg/L	35,13 \pm 0,04	33,29 \pm 0,02	29,25 \pm 0,01
Zeaxantină, mg/L	27,02 \pm 0,02	29,23 \pm 0,01	24,79 \pm 0,04
Adaos 10%			
Clorofila α , mg/L	4,02 \pm 0,01	3,75 \pm 0,03	2,51 \pm 0,04
Clorofila β , mg/L	5,98 \pm 0,01	5,06 \pm 0,04	3,99 \pm 0,01
β -caroten, mg/L	58,34 \pm 0,09	52,48 \pm 0,04	49,68 \pm 0,05
Licopen, mg/L	53,59 \pm 0,10	48,32 \pm 0,05	47,06 \pm 0,04
Zeaxantină, mg/L	42,18 \pm 0,07	44,71 \pm 0,07	40,37 \pm 0,01

Nota: PM – proba martor; CPC – mini-chec cu pudră de cătină; CPP – mini-chec cu pudră de păducel; CPM – mini-chec cu pudră de măceșe.

În urma estimării indicilor organoleptici s-a stabilit că mini-checurile cu adaos de 5% pudră de cătină albă, păducel și măceșe au o culoare și un miros plăcut și pot fi propuse spre consum pentru potențialii consumatori de pe piață.

În urma cercetării mini-checurilor cu pudră de cătină, sau păducel, sau măceșe am determinat spectrofotometric conținutul de zeaxantină, β -caroten, licopen, clorofila α și clorofila β . Rezultatele obținute (tabelul 4.6.) confirmă conținutul sporit de carotenoide în mini-checurile îmbogățite cu pudră vegetală măceșe, cătină și păducel, fapt care îi sporește bioactivitatea și astfel îmbunătățirea proprietăților nutraceutice (Olawuyi et al., 2019).

Elasticitatea miezului este proprietatea acestuia de a-și reveni la forma inițială, după încetarea acțiunii forței de presare (Ciurac et al., 2019). În vederea cercetării mini-checurilor cu adaos de pudră de cătină, păducel și măceșe s-a determinat elasticitatea pentru probele obținute. Rezultatele obținute sunt prezentate în fig. 4.5.

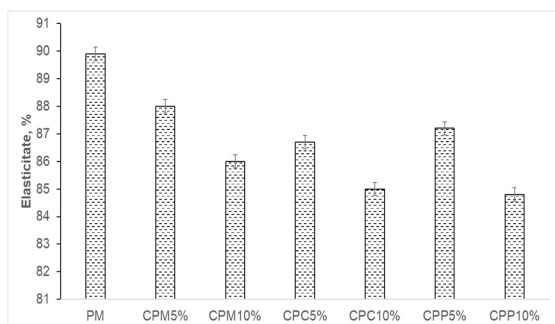


Fig. 4.5 Elasticitatea mini-checurilor cu adaos de pudră de fructe: CPC – mini-chec cu pudră de cătină; CPP – mini-chec cu pudră de păducel; CPM – mini-chec cu extract de măceșe.

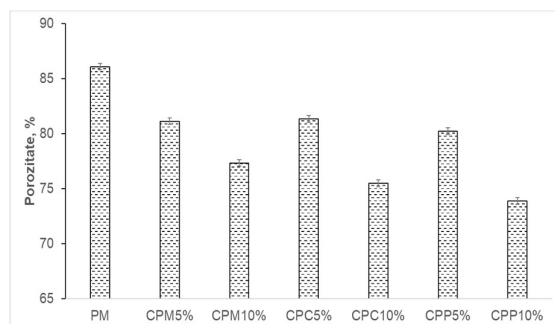


Fig. 4.6 Porozitatea mini-checurilor cu adaos de pudră de fructe: CPC – mini-chec cu pudră de cătină; CPP – mini-chec cu pudră de păducel; CPM – mini-chec cu extract de măceșe.

Mini-checurile cu adaos de pudre vegetale se caracterizează prin următoarele valori: pentru CPM – 86,00 – 88,00%; pentru CPC – 75,50 – 81,35%; pentru CPP – 73,89 – 80,23%. În baza rezultatelor obținute se atestă o scădere esențială a elasticității mini-checurilor cu adaos de pudră vegetală proporțională cu cantitatea de pudră vegetală substituită. Acest fapt se explică prin scăderea conținutului de gluten din compoziția aluatului ca consecință a substituirii făinii de grâu cu pudră vegetală din cătină, păducel și măceșe.

A fost analizată porozitatea mini-checurilor cu adaos de pudră vegetală, iar rezultatele obținute sunt prezentate în fig. 4.6. În urma analizei rezultatelor din diagrama de mai sus s-a stabilit că porozitatea probelor cercetate cuprinde următoarele valori: pentru CPM – 77,35 - 81,15%; pentru CPC – 81,35 - 75,50%; pentru CPP – 73,89 - 80,23%. S-a observat că mărirea conținutului de pudră substituită scade porozitatea mini-checurilor cercetate. Acest fapt poate fi explicat prin rețeaua slabă de gluten formată în timpul formulării aluatului și coacerii acestuia, astfel CO₂ format în timpul fermentării nu va fi reținut și ca consecință se obține un produs cu un volum mai mic și porozitate scăzută (Rathnayake et al., 2018).

Pentru checurile cu adaos de pudră de păducel și măceșe se recomandă substituirea făinii de grâu cu 10% pudră, pentru mini-checurile cu pudră de cătină se recomandă substituirea făinii de grâu cu 5% pudră vegetală.

CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI

Problemele abordate în teză sunt consacrate stabilizării uleiurilor vegetale cu compuși biologic activi din surse regenerabile, prin elucidarea transformărilor chimice, fizico-chimice, biochimice ce au loc în condiții de extracție, păstrare, încorporarea compușilor biologic activi și formularea pe baza rezultatelor obținute a unor alimente complexe. Principalele rezultate ale cercetărilor realizate au fost formulate prin următoarele concluzii:

1. Producții secundari ai oxidării lipidice au fost analizați prin spectroscopia de masă în tandem (LC-MS/MS), mod de injectare electrospray (ESI) cu polarizare în mod negativ și pozitiv. Evaluarea plasmalogenilor oxPE și oxPC a fost realizată prin ambele moduri de polarizare. Derivatizarea cu CHH a permis identificarea atât a LPP cu masa moleculară mică, cât și a LPP cu masa moleculară mare. Au fost identificați peste 63 produși ai oxidării lipidice, dominanți fiind hexanalul ($m/z=98.2021$), octenalul ($m/z=124.1121$), hidroxinonenalul ($m/z=154,2390$) și hidroxiocadenalul ($m/z=282.2792$). Metoda aplicată a permis determinarea modificărilor chimice care au loc pe parcursul oxidării lipidice și confirmarea mecanismelor de oxidare studiate, subcapitolul 3.3. și 3.4. (Subotin et al., 2021).

2. Indicii fizico-chimici ai uleiurilor vegetale fortificate cu extracte liposolubile de cătină, păducel și măceșe denotă, că procesul de oxidare este încetinit considerabil, luat în raport cu proba martor. Pe parcursul a 3 luni de stocare IP a uleiurile fortificate au prezentat caracteristici stabile, fiind considerabil mai redus: cu 0,5 mechiv O₂/kg în cazul extractului de măceșe, cu aproximativ 1,0 mechiv O₂/kg pentru extractele de cătină și păducel; valoarea indicelui de *p*-anisidină pentru uleiul cu extracte liposolubile variază între 10,61 – 10,94 uc., iar pentru uleiul nefortificat variază în intervalul 9,65 – 13,97 u.c., subcapitolul 3.1. (Popovici et al., 2018d; 2020).

3. Activitatea antioxidantă (AA) a uleiurilor vegetale fortificate în condițiile digestiei gastrice induse (pH=2,0±0,1) atestă o creștere esențială pentru probele cu extracte liposolubile în comparație cu proba martor (17,58 ± 0,90 %), constituind respectiv : pentru cătină – 46,43±0,90%; pentru măceșe; 37,08± 0,90 %, iar pentru păducel - 39,29±0,90 %. Mediul acid favorizează eliberarea compușilor biologic activi, ceea ce influențează și capacitatea antioxidantă. În faza de digestie intestinală indusă prin incubarea probelor în mediu alcalin (pH=8,2±0,1) AA a uleiului de floarea-soarelui constituie 4,26±0,3%, iar pentru uleiurile fortificate valorile AA variază respectiv de la 8,09±0,3% pentru cătină; 7,06±0,3 % (măceșe) și 4,56±0,3% (păducel). Majoritatea compușilor biologic activi sunt extrem de sensibili la condiții ușor alcaline, fiind susceptibili la interacțiunea cu alte componente alimentare eliberate, precum fibrele dietetice și proteinele, subcapitolul 3.2. (Popovici et al., 2021c; 2021b)

4. Au fost elaborate tehnologii de obținere a unor produse alimentare complexe cu adaos de extracte liposolubile și pudre vegetale din cătină, păducel și măceșe: sosuri funcționale cu adaos de ELC, ELP și ELM; mini-checuri și gogoși cu adaos de pudră de cătină, păducel și măceșe; bomboane

funcționale cu pudre vegetale de cătină, păducel și măceșe. Indicii de calitate ai produselor elaborate - IP, IA, DC și TC au confirmat încetinirea proceselor oxidative pe parcursul stocării alimentelor cu conținut lipidic sporit, capitolul 4 (Popovici, 2018; Popovici et al., 2019d).

5. Produsele alimentare complexe cu adaos de extracte liposolubile și pudre vegetale se caracterizează printr-un conținut bogat de carotenoizi și pigmenți vegetali: clorofila α - 0,68- 0,99 mg/L; clorofila β - 1,39 – 2,54 mg/L; β -caroten – 17,18 – 20,16 mg/L; licopen – 16,15 – 22,11 mg/L; zeaxantină – 15,99 – 21,98 mg/L (bomboane). În rezultatul digestiei gastro-intestinale in vitro a fost atestată o creștere esențială a activității antioxidante: pentru PM – 30,18 \pm 1,20%, iar pentru BPM – 70,07 \pm 0,80%; BPC – 64,26 \pm 1,20%; BPP – 58,45 \pm 1,20%, subcapitolul 4.2.3 (Popovici et al., 2019d; 2019e).

6. Au fost evaluați parametri tehnologici ai procesului de fabricare a produselor făinoase cu conținut sporit de lipide. Probele cu adaosuri vegetale (gogoși) atestă un conținut redus de ulei absorbit la prăjire (14,03 - 15,47%) în raport cu PM – 17,67%, fapt datorat diversificării rețetei prin adaosul de hidrocoloizi din materia vegetală. Analiza spațiului de culoare CIELab și analiza senzorială au demonstrat că optimă este concentrația de 5% adaosuri vegetale, subcapitolul 4.3.2.

7. S-a argumentat posibilitatea de a utiliza extractele lipidice, uleiurile fortificate cu extracte și pudre de cătină, păducel și măceșe pentru obținerea produselor de cofetărie și patiserie cu conținut lipidic sporit. Analiza stabilității oxidative în timp a produselor complexe obținute a demonstrat, că pudrele vegetale de cătină, păducel și măceșe, caracterizate printr-un conținut sporit de carotenoide și clorofile, asigură un potențial antioxidant suficient pentru a încetini procesele oxidative și de alterare a grăsimilor din matricea alimentului, subcapitolul 4.2.2. (Popovici et al., 2019c; 2019a).

RECOMANDĂRI PRACTICE

În cadrul tezei au fost elaborate o serie de procedee de fabricare a produselor alimentare complexe cu adaos de extracte liposolubile și pudre vegetale din fructe de cătină, păducel și măceșe care sunt recomandate pentru implementarea lor în industria alimentară:

1. **Procedeul de stabilizare a uleiurilor vegetale cu extracte liposolubile din cătină, păducel și măceșe**, conform brevetului de invenție (Popovici, 2019b; Popovici et al., 2020).
2. **Tehnologia de fabricare a sosului emulsionat cu adaos de extracte liposolubile din cătină, păducel și măceșe**, conform brevetului de invenție (Popovici, 2018; Popovici et al., 2021a).
3. **Tehnologia de fabricare a bomboanelor funcționale cu pudră de cătină, păducel și măceșe** (Popovici et al., 2019c).

Adaosul de pudre de cătină, păducel și măceșe are influență pozitivă asupra indicilor senzoriali, în special a gustului, mirosului și culorii. S-a demonstrat influența pozitivă a pudrelor vegetale de cătină, păducel și măceșe asupra activității antioxidante *in vitro*, care este considerabil mai crescută în comparație cu proba martor. Pentru bomboane cu adaos de pudre vegetale se recomandă substituirea nucilor cu 5% pudră de cătină, păducel și măceșe.

4. Tehnologia de fabricare a gogoșilor cu pudră de cătină, păducel și măceșe

Adaosul de pudre de cătină, păducel și măceșe are influență pozitivă asupra indicilor senzoriali, în special a gustului și culorii. S-a demonstrat influența pozitivă a pudrelor vegetale de cătină, păducel și măceșe asupra activității antioxidante *in vitro*, care este considerabil mai crescută în comparație cu proba martor atât pentru digestia gastrică cât și digestia intestinală. S-a constatat că conținutul de ulei absorbit la prăjire nu variază esențial pentru GPP și scade cu cca. 15% pentru GPM și GPC. Pentru gogoși cu adaos de pudre vegetale se recomandă substituirea făinii de grâu cu 5% pudră de cătină, păducel și măceșe.

5. Tehnologia de fabricare a mini-checurilor cu pudră de cătină, păducel și măceșe

Adaosul de pudre de cătină, păducel și măceșe are influență pozitivă asupra indicilor senzoriali, în special a gustului, mirosului și culorii. S-a evidențiat sporirea conținutului de compuși biologic activi în mini-checurile cu adaos de pudră de cătină, păducel și măceșe, ceea ce poate asigura un potențial antioxidant sporit. Pentru mini-checurile cu adaos de pudră de păducel și măceșe se recomandă substituirea făinii de grâu cu 10% pudră, pentru mini-checurile cu pudră de cătină se recomandă substituirea făinii de grâu cu 5% pudră vegetală.

BIBLIOGRAFIE

- CIUMAC, J., REȘITCA, V., CHIRSANOVA, A., et al. *Tehnologia generală a produselor alimentare: Indicații metodice privind efectuarea lucrărilor de laborator*. Chișinău: Tehnica-UTM, 2019.
- COLIVA, G., LANGE, M., COLOMBO, S., et al. Sphingomyelins Prevent Propagation of Lipid Peroxidation—LC-MS/MS Evaluation of Inhibition Mechanisms. *Molecules* 25 (8), 2020: pp.1925. <https://doi.org/10.3390/molecules25081925>.
- CREȚU, L., și DOMAȘENCO, L. *Plantele alimentare care ne apără sănătatea*. Arc, 2005.
- GHENDOV-MOSANU, A., CRISTEA, E., PATRAS, A., et al. Rose Hips, a Valuable Source of Antioxidants to Improve Gingerbread Characteristics. *Molecules* 25 (23), 2020a: pp.5659. <https://doi.org/10.3390/molecules25235659>.
- GHENDOV-MOSANU, A., CRISTEA, E., PATRAS, A., et al. Potential Application of Hippophae Rhamnoides in Wheat Bread Production. *Molecules* 25 (6), 2020b: pp.1272. <https://doi.org/10.3390/molecules25061272>
- GHENDOV-MOȘANU, A., STURZA, R., OPRIȘ, O., LUNG, I., POPESCU, L., **POPOVICI, V.**, et al. Effect of Lipophilic Sea Buckthorn Extract on Cream Cheese Properties. *Journal of Food Science and Technology* 57 (2), 2020: pp.628–37. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04094-w>.
- HARITONOV, S., și STURZA, R. IN VITRO BIOAVAILABILITY OF SUNFLOWER OIL FORTIFIED WITH IODINE, decembrie, 2018. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.2576750>.
- HERNÁNDEZ, Y., LOBO, M.G., și GONZÁLEZ, M. Determination of Vitamin C in Tropical Fruits: A Comparative Evaluation of Methods. *Food Chemistry* 96 (4), 2006: pp.654–64. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.04.012>.
- KAUR, D., WANI, A.A., SINGH, D.P., et al. Shelf Life Enhancement of Butter, Ice-Cream, and Mayonnaise by Addition of Lycopene. *International Journal of Food Properties* 14 (6), 2011: pp.1217–31. <https://doi.org/10.1080/10942911003637335>.
- LANGE, M., NI, Z., CRISCUOLO, A., et al. Liquid Chromatography Techniques in Lipidomics Research. *Chromatographia* 82 (1), 2019: pp.77–100. <https://doi.org/10.1007/s10337-018-3656-4>.
- LUCAS-GONZÁLEZ, R., VIUDA-MARTOS, M., PÉREZ ÁLVAREZ, J.A., et al. Changes in Bioaccessibility, Polyphenol Profile and Antioxidant Potential of Flours Obtained from Persimmon Fruit (Diospyros Kaki) Co-Products during in Vitro Gastrointestinal Digestion. *Food Chemistry* 256 (august), 2018: pp.252–58. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.02.128>.
- OLAWUYI, I.F., și LEE, W.Y. Quality and Antioxidant Properties of Functional Rice Muffins Enriched with Shiitake Mushroom and Carrot Pomace. *International Journal of Food Science & Technology* 54 (7), 2019: pp.2321–28. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14155>.
- PAVAN, V., SANCHO, R.A.S., și PASTORE, G.M. The Effect of in Vitro Digestion on the Antioxidant Activity of Fruit Extracts (Carica Papaya, Artocarpus Heterophyllus and Annona Marcgravii). *LWT - Food Science and Technology* 59 (2), 2014: pp.1247–51. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.05.040>.
- POPOVICI, V.** The impact of hawthorn lipophilic extract on oxidative stability of food products. În *MTFI-2018 International Conference, Book of Abstracts*, pp.198–202. Chisinau, 2018.
- POPOVICI, V.**, GHENDOV-MOSANU, A., PATRAȘ, A., DESEATNICOVA O., STURZA R.,. *Procedeu de obținere a sosului funcțional*, Cerere de brevet de invenție de scurtă durată, nr. intrare 2225, data intrare 2021.07.29
- POPOVICI V.**, GHENDOV-MOȘANU A., STURZA R., DESEATNICOVA O. *Procedeu de stabilizare a uleiurilor vegetale*. Brevet de invenție de scurtă durată, 9670, 2020.12.02.

- POPOVICI, V., KOVALIOV, E., CAPCANARI T., POPOVICI C., O. RADU**, *Evolution of total carotenoid content in food products enriched with rosehip (rosa canina) powder*, Resource and Energy Saving Technologies of Production and Packing of Food Products as the Main Fundamentals of Their Competitiveness, Proceedings of the 8th International Specialized Scientific and Practical Conference September 12, 2019, pp. 170, Kyiv, Ukraine, ISBN 978-966-612-227-1.
- POPOVICI, V., RADU O., HUBENIA V., COVALIOV E., CAPCANARI T., POPOVICI C.,** *Physico-chemical and sensory properties of functional confectionery products with Rosa Canina powder*, Ukrainian Food Journal, Volume 8, Issue 4, Kiev 2019, ISSN 2313-5891, pp. 815 – 827.
- RAGAE, S., GUZAR, I., DHULL, N., et al. Effects of Fiber Addition on Antioxidant Capacity and Nutritional Quality of Wheat Bread. *LWT - Food Science and Technology* 44 (10), 2011: pp.2147–53. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.06.016>.
- RATHNAYAKE, H.A., NAVARATNE, S.B., și NAVARATNE, C.M. Porous Crumb Structure of Leavened Baked Products. *International Journal of Food Science* 2018 (august), 2018: pp.1–15. <https://doi.org/10.1155/2018/8187318>.
- RODRÍGUEZ-ROQUE, M.J., ROJAS-GRAÜ, M.A., ELEZ-MARTÍNEZ, P., et al. Changes in Vitamin C, Phenolic, and Carotenoid Profiles Throughout in Vitro Gastrointestinal Digestion of a Blended Fruit Juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 61 (8), 2013: pp.1859–67. <https://doi.org/10.1021/jf3044204>.
- ROMAN, I., STĂNILĂ, A., și STĂNILĂ, S. Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Rosa Canina L. Biotypes from Spontaneous Flora of Transylvania. *Chemistry Central Journal* 7 (1), 2013: pp.73. <https://doi.org/10.1186/1752-153X-7-73>.
- SANDULACHI, E., BULGARU, V., GHENDOV-MOSANU, A., et al. Controlling the Risk of Bacillus in Food Using Berries. *Food and Nutrition Sciences* 12 (06), 2021: pp.557–77. <https://doi.org/10.4236/fns.2021.126042>.
- SARAF, S., SINGH, A., și DESAI, B.G. Estimation of Porosity and Pore Size Distribution from Scanning Electron Microscope Image Data of Shale Samples: A Case Study on Jhuran Formation of Kachchh Basin, India. *ASEG Extended Abstracts* 2019 (1), 2019: pp.1–3. <https://doi.org/10.1080/22020586.2019.12073197>.
- SAROLIĆ, M., GUGIĆ, M., TUBEROSO, C.I.G., et al. Volatile Profile, Phytochemicals and Antioxidant Activity of Virgin Olive Oils from Croatian Autochthonous Varieties Mašnjača and Krvavica in Comparison with Italian Variety Leccino. *Molecules (Basel, Switzerland)* 19 (1), 2014: pp.881–95. <https://doi.org/10.3390/molecules19010881>.
- SIRÓ, I., KÁPOLNA, E., KÁPOLNA, B., et al. Functional Food. Product Development, Marketing and Consumer Acceptance—A Review. *Appetite* 51 (3), 2008: pp.456–67. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2008.05.060>.
- STURZA, RODICA, DRUȚĂ, RAISA, COVACI, ECATERINA, et al. MECHANISMS OF SUNFLOWER OIL TRANSFORMING INTO FORCED THERMAL OXIDATION PROCESSES, septembrie, 2020. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.3949716>.
- SUBOTIN, I., DRUTA, R., **POPOVICI, V.**, et al. Kinetic of Forced Oxidation of Grape Seeds, Walnuts and Corn Germs Oils in the Presence of Antioxidants. *Food and Nutrition Sciences* 12 (12), 2021: pp.1326–39. <https://doi.org/10.4236/fns.2021.1212097>.

LISTA PUBLICAȚIILOR AUTORULUI LA TEMA TEZEI

1. Articole în reviste științifice

- în reviste din bazele de date Web of Science și SCOPUS:

1. SUBOTIN, I., DRUTA, R., **POPOVICI, V.**, COVACI, E., STURZA, R. *Kinetic of Forced Oxidation of Grape Seeds, Walnuts and Corn Germs Oils in the Presence of Antioxidants*, Food and Nutrition Sciences, 2021, nr. 12, pp. 1326-1339. doi: 10.4236/fns.2021.1212097. (WoS – ESCI)
2. GHENDOV-MOSANU A., STURZA R., OPRIS O., LUNG I., POPESCU L., **POPOVICI V.**, SORAN M. L., PATRAS A., *Effect of lipophilic sea buckthorn extract on cream cheese properties*, Journal of Food Science and Technology. 2020, nr. 2(57), pp. 628-637. ISSN 0022-1155. DOI:10.1007/s13197-019-04094-w. (WoS – ESCI – IF=1,849)
3. **POPOVICI V.**, RADU O., HUBENIA V., COVALIOV E., CAPCANARI T., POPOVICI C., *Physico-chemical and sensory properties of functional confectionery products with Rosa Canina powder*, Ukrainian Food Journal, Volume 8, Issue 4, Kiev 2019, ISSN 2313-5891, pp. 815 – 827. (WoS – ESCI)

- în reviste din Registrul Național al revistelor de profil (cu indicarea categoriei)

4. **POPOVICI, V.**, *Evaluation of the oxidative stability of sea buckthorn (hippophae rhamnoides l.) lipophilic extract*. In: Journal of Engineering Sciences. 2018, nr. 3, pp. 111-115. ISSN 2587-3474. DOI: 10.5281/zenodo.2557344. (DOAJ – cat. B+)
5. **POPOVICI V.**, STURZA R., GHENDOV-MOȘANU A., SORAN L., LUNG I., PATRAȘ A., *Influența condițiilor de extracție asupra compoziției și activității antioxidante a extractelor liposolubile de măceșe*, Meridian ingineresc, vol. 1, 2018, 23-27. ISSN 1683-853X. (IBN/IDSI – cat. C)

2. Articole în lucrările conferințelor și altor manifestări științifice

- în lucrările manifestărilor științifice incluse în alte baze de date acceptate de către ANACEC

6. **POPOVICI, V.** *Evaluarea activității antioxidante in vitro a extractelor liposolubile din fructe de pădure*. In: The closing conference of the Intelligent valorisation of agro-food industrial wastes project, 2SOFT/1.2/83: proc., 24 February 2022, Chisinau, Republica Moldova: Book of abstracts, 2022, p. 43. ISBN 978-9975-3464-6-7.
7. **POPOVICI V.**, STURZA R., GHENDOV-MOȘANU A., *Physico-chemical characteristics of lipophilic extracts of rosehip (rosa canina) and hawthorn (crataegus) fruits*, International Conference INTELLIGENT VALORISATION OF AGRO-INDUSTRIAL WASTES, Book of abstracts, Chișinău, 7-8 octombrie 2021, ISBN 978-9975-3464-2-9. (IBN)
8. **POPOVICI V.**, STURZA R., GHENDOV-MOȘANU A., *The impact of hawthorn (Crataegus) lipophilic extract on the oxidative stability of vegetable oils*, The 16th International Conference of Constructive Design and Technological Optimization in Machine Building Field, OPROTEH 2021, Conference Proceedings, Bacău, 25-27 mai 2021, ISSN 2457 - 3388. (IBN)
9. **POPOVICI V.**, STURZA R., GHENDOV-MOȘANU A., SORAN M. L., LUNG I., *Total carotenoid content evaluation of functional food products with rosehip powder (Rosa Canina)*, International Conference Achievements And Perspectives Of Modern Chemistry dedicated to the 60th anniversary from the foundation of the Institute of Chemistry, 9-11 October 2019, Chisinau, Republic of Moldova, p.236, ISBN 978-9975-62-428-2. (IBN/IDSI)
10. **POPOVICI V.**, BOAGHI E., RADU O., CAPCANARI T., POPOVICI C., *Evaluation of total carotenoid content in functional food products enriched with rosehip powder (Rosa Canina)*, International Conference Achievements And Perspectives Of Modern Chemistry dedicated to the 60th anniversary from the foundation of the Institute of Chemistry, 9-11 October 2019, Chisinau, Republic of Moldova, p.186, ISBN 978-9975-62-428-2. (IBN/IDSI)

11. **POPOVICI V., COVALIOV E., CAPCANARI T., POPOVICI C., O. RADU**, *Evolution of total carotenoid content in food products enriched with rosehip (rosa canina) powder*, Resource and Energy Saving Technologies of Production and Packing of Food Products as the Main Fundamentals of Their Competitiveness, Proceedings of the 8th International Specialized Scientific and Practical Conference September 12, 2019, pp. 170, Kyiv, Ukraine, ISBN 978-966-612-227-1. (IBN)
12. **POPOVICI V.**, *Evaluation of the oxidative stability of rosehip (Rosa Canina) lipophilic extracts*, Papers of the international symposium EURO-ALIMENT, 5-6 September 2019, Galati, Romania, p.43-44., ISSN 1843-5114. (IBN)
13. **POPOVICI V.**, *The impact of hawthorn lipophilic extract on oxidative stability of food products*, MTFI-2018 International Conference, TUM, Chisinau, 2018, p.198-202, ISBN 978-9975-87-428-1. (IBN/IDSI)
14. **POPOVICI V., STURZA R., GHENDOV-MOSANU A., ROSCA I., SORAN L., LUNG I., OPRIS O.**, *Total carotenoid content of local berries lipophilic extracts**, MTFI-2018 International Conference, TUM, Chisinau, 2018, p. 228, ISBN 978-9975-87-428-1. (IBN/IDSI)
15. **POPOVICI V., STURZA R.**, *Antioxidant capacity of local berries in complex food products*, Food and Environment Safety - Journal of Faculty of Food Engineering, Ștefan cel Mare University - Suceava Volume XVII, Issue 1, 2018; p.32-36. ISSN – 2068-6609. (IBN)
16. **POPOVICI V., I. ROSCA, C. CIOBANU, L. SORAN, I. LUNG**, *Stabilitate oxydativă et activitate antioxydante des extraits liposolubles d'eglantier –COFrRoCA - 2018 Tenth French-Romanian Colloquium of Applied Chemistry 27-29 June 2018, Bacau, ROMANIA; p.95. ISSN 2068-6382. (IBN)*
17. **POPOVICI V.**, *Evaluarea impactului extractelor horticole asupra stabilității oxidative a complexului lipidic din alimente*, Sesiunea națională de comunicări științifice studentești: Științe ale naturii și exacte, USM, 4-5 mai 2017, Chisinau, p.31-33. (IBN/IDSI)

- **în lucrările manifestărilor științifice incluse în Registrul materialelor publicate în baza manifestărilor științifice organizate din Republica Moldova**

18. **POPOVICI V.**, *The impact of berry powders on the quality parameters of functional food products*, Conferința științifică internațională „Perspectivele și Problemele Integrării în Spațiul European al Cercetării și Educației”, Ediția a VIII-a, Cahul 4 iunie 2021. (IBN)
19. **POPOVICI V.**, *The oxidative stability of seabuckthorn lipophilic extracts*, Conferința Studenților, Masteranzilor și Doctoranzilor, Volum I, UTM, Chișinău, 1-3 aprilie 2020, p.411-414, ISBN 978-9975-45-632-6. (IBN/IDSI)
20. **POPOVICI V., BOAGHIE., RADU O., CAPCANARI T., RUBȚOV S.**, *Evaluation of total carotenoid content in functional food products with rosehip powder (R.Canina)*, International Conference Days of the Academy of Technical Sciences of Romania 2019, 14th Edition, October 17-18, 2019, Chisinau. (IBN)
21. **POPOVICI V.**, *The oxidative stability of vegetable oils enriched with caratenoids*, Conferința Studenților, Masteranzilor și Doctoranzilor, Volum I, UTM, Chișinău, 26-29 martie 2019, p.509-510. ISBN 978-9975-45-588-6. (IBN/IDSI)
22. **POPOVICI V., ROȘCA ILIE, GANȚA DOMNIȚA-LAURA, EȘANU NATALIA**, *Diminuarea impactului oxidării lipidelor cu adaosuri vegetale de antioxidanți*, Conference of students, master students and doctoral students of TUM, Chisinau, 2016. (IBN/IDSI)

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

- **eliberate de Agenția de Stat pentru Proprietatea Intelectuală**

1. **POPOVICI, V., GHENDOV-MOSANU, A., PATRAȘ A., DESEATNICOVA O., STURZA R.**, *Procedeu de obținere a sosului funcțional*. Cerere de brevet de invenție de scurtă durată, nr. intrare 2225, data intrare 2021.07.29.
2. **POPOVICI V., GHENDOV-MOȘANU A., STURZA R., DESEATNICOVA O.** *Procedeu de stabilizare a uleiurilor vegetale*. Brevet de invenție de scurtă durată, 9670, 2020.12.02.

ADNOTARE

Popovici Violina: Stabilizarea uleiurilor vegetale cu compuși biologic activi din surse regenerabile, teză de doctor în științe inginerești, Chișinău, 2022.

Structura tezei: constă din introducere, 4 capitole, concluzii și recomandări, bibliografie cu 291 titluri și 3 anexe. Textul de bază conține 112 pagini, inclusiv 41 figuri și 38 de tabele. Rezultatele obținute sunt publicate în 23 lucrări științifice.

Cuvinte-cheie: ulei vegetal, extract liposolubil, stabilitate oxidativă, alimente complexe, calitate.

Scopul lucrării: constă în elucidarea modificărilor chimice care au loc pe parcursul oxidării lipidice, stabilizarea uleiurilor vegetale și evaluarea impactului extractelor liposolubile asupra stabilității oxidative a produselor alimentare complexe prin optimizarea tehnologiei de fabricație.

Obiectivele cercetării prevăd: obținerea extractelor liposolubile din surse vegetale regenerabile autohtone, determinarea indicatorilor de calitate, parametrilor cromatici și activitatea antioxidantă; elaborarea tehnologiilor de fabricare a unor produse alimentare complexe; determinarea indicatorilor de calitate, parametrilor cromatici, biodisponibilitatea compușilor biologic activi și activitatea antioxidantă.

Noutatea și originalitatea științifică constă în argumentarea posibilității de utilizare a compușilor biologic activi din surse regenerabile de cătină, păducel, măceșe, identificarea condițiilor optime de obținere a extractelor liposolubile din surse vegetale autohtone cu potențial antioxidant sporit; argumentarea posibilității de utilizare a extractelor liposolubile și pudrelor vegetale autohtone pentru obținerea unor produse alimentare complexe.

Rezultatele principale: S-a demonstrat că pe parcursul depozitării uleiului vegetal se desfășoară procesul de autooxidare a lipidelor și s-a constatat că se formează peste 60 de aldehide cu masă moleculară mică. S-a argumentat posibilitatea de utilizare a compușilor biologic activi din surse vegetale regenerabile de origine autohtonă pentru obținerea extractelor liposolubile cu potențial antioxidant sporit; a fost elucidată influența extractelor liposolubile asupra stabilității oxidative a uleiurilor vegetale; s-a determinat activitatea antioxidantă, parametrii cromatici CIELab, indicatorii de calitate a extractelor liposolubile; au fost obținute informații științifice noi despre mecanismul și dinamica formării produșilor oxidării lipidice pe parcursul proceselor oxidative; au fost elaborate tehnologii de fabricare a unor alimente complexe cu determinarea indicatorilor de calitate; a fost evaluată stabilitatea oxidativă în timp a produselor alimentare complexe obținute și s-a constatat că pudra vegetală asigură potențialul antioxidant necesar pentru a încetini procesele oxidative și de alterare a grăsimilor din componența produselor complexe.

Semnificația teoretică: Pentru prima dată a fost elaborată metodologia de stabilizare a uleiurilor vegetale din surse regenerabile autohtone; au fost obținute uleiuri cu extracte liposolubile din surse vegetale autohtone cu potențial antioxidant sporit; pentru prima dată a fost utilizată spectrometria de masă tandem pentru stabilirea dinamicii de formare a produșilor oxidării lipidice.

Valoarea aplicativă: Au fost propuse și realizate procedee de obținere și stabilizare a uleiurilor vegetale; tehnologii de fabricare a unor alimente complexe. A fost obținut 1 brevet de invenție și 1 cerere de brevet.

Implementarea rezultatelor științifice: Rezultatele cercetărilor au fost implementate la SRL "Rose Line", Țaul, Dondușeni.

АННОТАЦИЯ

Попович Виолина: Стабилизация растительных масел биологически активными соединениями из возобновляемых источников, докторская диссертация по техническим наукам, Кишинев, 2022.

Структура диссертации: состоит из введения, 4 глав, выводов и рекомендаций, библиографии из 291 источников, 3 приложения. Основной текст содержит 112 страницы, 41 рисунок и 38 таблиц. Полученные результаты опубликованы в 23 научных статьях.

Ключевые слова: растительное масло, жирорастворимый экстракт, окислительная стабильность, комплексные пищевые продукты, показатели качества.

Цель диссертации: состоит в выяснении химических изменений, происходящих во время окисления липидов, стабилизации растительных масел и оценке воздействия жирорастворимых экстрактов на окислительную стабильность сложных пищевых продуктов путем оптимизации технологии производства.

В **задачи исследования** входят: получение жирорастворимых экстрактов из возобновляемых растительных источников местного происхождения, определение их показателей качества, хроматических параметров и антиокислительной активности; разработка технологий производства сложных пищевых продуктов; определение их показателей качества, хроматических параметров, биодоступности биологически активных соединений и антиокислительной активности.

Научная новизна и оригинальность заключаются в обосновании использования биологически активных соединений из возобновляемых источников (облепихи, боярышника, шиповника), определении оптимальных условий получения жирорастворимых экстрактов из местных растительных источников с повышенным антиокислительным потенциалом; аргументации использования жирорастворимых экстрактов и растительных порошков для получения сложных пищевых продуктов.

Основные результаты: Доказано, что при хранении растительного масла происходит процесс самоокисления и установлено, что образуется более 60 низкомолекулярных альдегидов. Обоснована возможность использования биологически активных соединений из возобновляемых растительных источников местного происхождения для получения жирорастворимых экстрактов с повышенным антиокислительным потенциалом; выяснено влияние жирорастворимых экстрактов на окислительную стабильность растительных масел; определена антиокислительная активность, хроматические параметры CIELab, показатели качества жирорастворимых экстрактов; получены новые научные сведения о механизме и динамике образования продуктов окисления липидов при окислительных процессах; разработаны комплексные технологии производства пищевых продуктов и определены их показатели качества.

Теоретическая значимость: впервые разработана методика стабилизации растительных масел из возобновляемых источников местного происхождения; получены масла с жирорастворимыми экстрактами из местных растительных источников с повышенным антиоксидантным потенциалом; впервые тандемная масс-спектрометрия была использована для установления динамики образования продуктов окисления липидов.

Прикладное значение: Предложены и выполнены процедуры получения и стабилизации растительных масел; сложные технологии производства пищевых продуктов. Получен 1 патент и 1 заявка на патент.

Внедрение научных результатов: Результаты исследований внедрены на ООО «Rose Line», г. Цаул, Дондюшаны..

ANNOTATION

Popovici Violina: Stabilization of vegetable oils with biologically active compounds from renewable sources, doctoral thesis, Chisinau, 2022.

Thesis structure: consists of introduction, 4 chapters, conclusions and recommendations, bibliography with 291 titles 3 annexes. The basic text contains 112 pages, including 41 figures and 38 tables. The obtained results are published in 23 scientific papers.

Key-words: vegetable oil, lipophilic extract, oxidative stability, complex foods, quality

The purpose of the work: consists in elucidating the chemical changes that take place during lipid oxidation, stabilizing vegetable oils and evaluating the impact of lipophilic extracts on the oxidative stability of complex foods by optimizing manufacturing technology.

The research objectives include: obtaining lipophilic extracts from local renewable plant sources, determining quality indicators, chromatic parameters and antioxidant activity; elaboration of technologies for manufacturing complex food products; determination of quality indicators, chromatic parameters, bioavailability of biologically active compounds and antioxidant activity.

The scientific novelty and originality consists in arguing the possibility of using bioactive compounds from renewable sources of sea buckthorn, hawthorn, rosehip, identifying the optimal conditions for obtaining lipophilic extracts from local plant sources with increased antioxidant potential; arguing the possibility of using lipophilic extracts and local vegetable powders to obtain complex foods.

Main results: It was shown that the autoxidation process that takes place during storage of vegetable oil and are formed more than 60 low molecular weight aldehydes. It was argued the possibility of using biologically active compounds from renewable plant sources of local origin to obtain lipophilic extracts with increased antioxidant potential; the influence of lipophilic extracts on the oxidative stability of vegetable oils was elucidated; the antioxidant activity was determined, the CIELab chromatic parameters, the quality indicators of the lipophilic extracts; new scientific information has been obtained on the mechanism and dynamics of the formation of lipid oxidation products during oxidative processes; complex food manufacturing technologies have been developed to determine quality parameters; the oxidative stability over time of the complex foods obtained was evaluated and it was found that the plant powder provides the antioxidant potential necessary to slow down the lipid oxidation in the composition of the complex products.

Theoretical significance: For the first time, the methodology for stabilizing vegetable oils from local renewable sources was developed; oils with lipophilic extracts were obtained from local plant sources with increased antioxidant potential; For the first time, tandem mass spectrometry was used to establish the dynamics of the formation of lipid peroxidation products.

Applicative value: Procedures for obtaining and stabilizing vegetable oils have been proposed and performed; complex food manufacturing technologies. 1 patent was obtained and 1 patent application was registered.

Implementation of scientific results: The research results were implemented at LTD "Rose Line", Țaul, Dondușeni.

POPOVICI VIOLINA

**STABILIZAREA ULEIURILOR VEGETALE CU COMPUȘI BIOLOGIC ACTIVI DIN
SURSE REGENERABILE**

253.06 Tehnologii biologice și chimice în industria alimentară

Rezumatul tezei de doctor în științe inginerești

Aprobat spre tipar: data	Formatul hârtiei 60x84 1/16
Hârtie ofset. Tipar ofset.	Tiraj 50 ex.
Coli de tipar.: ...	Comanda nr.

UTM, MD 2004, mun. Chișinău, bd. Ștefan cel Mare și Sfânt, nr. 168. Editura „TEHNICA-
UTM”, MD 2045, mun. Chișinău, str. Studenților 9/9