

**UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI**

Cu titlu de manuscris

C.Z.U.: 665.324.32:664.3 (043)

**RADU OXANA**

**COMPOZIȚII ALIMENTARE PE BAZA ULEIULUI DE NUCĂ  
(*Juglans regia L.*) REZISTENTE LA DEGRADĂRI OXIDATIVE**

**253.06 - TEHNOLOGII BIOLOGICE ȘI CHIMICE  
ÎN INDUSTRIA ALIMENTARĂ**

Rezumatul tezei de doctor în științe tehnice

**CHIȘINĂU, 2020**

Teza a fost elaborată în cadrul școlii doctorale *Știința Alimentelor, Inginerie Economică și Management*, Departamentul Tehnologia Produselor Alimentare, Universitatea Tehnică a Moldovei.

**Conducători științifici:**

TATAROV Pavel, doctor habilitat în științe tehnice, profesor universitar

BAERLE Alexei, doctor în chimie, conferențiar universitar

**Referenți oficiali:**

RUDIC Valeriu, doctor habilitat în științe biologice, profesor universitar, academician, Institutul de Microbiologie și Biotehnologie

CALMÂȘ Valentina, doctor în științe tehnice, conferențiar universitar, Academia de Studii Economice a Moldovei

POPESCU Liliana, doctor în științe tehnice, conferențiar universitar, Universitatea Tehnică a Moldovei

**Componența Comisiei de susținere publică a tezei de doctorat:**

1. STURZA Rodica, **președinte**, doctor habilitat în științe tehnice, profesor universitar
2. SANDULACHI Elisaveta, **secretar științific**, doctor în științe tehnice, conferențiar universitar
3. TATAROV Pavel, **membriu**, doctor habilitat în științe tehnice, profesor universitar
4. IORGA Eugen, **membriu**, doctor în chimie, conferențiar cercetător
5. RUDIC Valeriu, **referent**, doctor habilitat în științe biologice, profesor universitar, academician
6. CALMÂȘ Valentina, **referent**, doctor în științe tehnice, conferențiar universitar
7. POPESCU Liliana, **referent**, doctor în științe tehnice, conferențiar universitar

Susținerea va avea loc la 18.12.2020, ora 14<sup>00</sup>, în ședința Comisiei de susținere publică a tezei de doctor, la Universitatea Tehnică a Moldovei pe adresa: str. Studenților 9/9, blocul de studii nr.5, aud. 120, MD-2045, Chișinău, Republica Moldova.

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

Rezumatul a fost expediat la „\_\_\_\_\_” noiembrie 2020.

Secretar științific al Comisiei de Doctorat:

Sandulachi Elisaveta, dr., conf. univ.

Conducător științific:

Tatarov Pavel, dr. hab., prof. univ.

Conducător științific:

Baerle Alexei, dr., conf. univ.

Autor

Radu Oxana

© Radu Oxana, 2020

## CUPRINS

REPERELE CONCEPTUALE ALE CERCETĂRII	4
CONȚINUTUL TEZEI	7
1. Uleiul de nucă – aspecte nutriționale și tehnologice	7
2. Materiale și metode de cercetare	7
3. Stabilitatea fizico-chimică a uleiului de nucă	8
3.1. Caracteristicile fizico-chimice ale uleiului de nucă	8
3.2. Analiza stabilității uleiului de nucă în prezența antioxidanților naturali	11
3.3. Analiza stabilității uleiului de nucă în prezența antioxidanților sintetici	12
3.4. Analiza stabilității sistemului Ulei de nucă–Apă–Antioxidant	14
3.5. Acțiunea acizilor grași asupra texturii compozițiilor cu ulei de nucă	15
4. Elaborarea compozițiilor și tehnologiei de obținere a alimentelor de tip spread pe bază de ulei de nucă	16
4.1. Proiectarea compozițiilor și tehnologiei de obținere a alimentelor de tip spread pe bază de ulei de nucă	16
4.2. Elaborarea spread-urilor pe baza amestecului de emulsii cu un conținut înalt de grăsime	18
4.3. Elaborarea tehnologiei de obținere a spread-urilor pe baza amestecului de emulsii cu un conținut de grăsime de până la 40%	20
4.4. Aprecierea stabilității și duratei de valabilitate a spread-urilor	24
CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI	27
BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ	28
LISTA PUBLICAȚIILOR AUTORULUI LA TEMA TEZEI	30
ADNOTĂRI	32

## REPERELE CONCEPTUALE ALE CERCETĂRII

Actualmente, concepția alimentației echilibrate din punct de vedere al conținutului tuturor nutrienților este științific argumentată și face parte din politica țărilor europene privind îmbunătățirea calității vieții populației. Una dintre cele mai efective căi de asigurare a alimentației sănătoase constă în aplicarea cât mai largă a alimentelor și suplimentelor alimentare bogate în compuși bioactivi. Printre diferitele clase de alimente funcționale menționăm o grupă de alimente fortificate cu acizi grași polinesaturați esențiali.

Aprecierile importante teoretice și practice privind faptul că acizii grași polinesaturați esențiali au un efect benefic asupra sănătății omului au condiționat desfășurarea investigațiilor în direcția selectării surselor naturale de lipide bogate în compuși biologic activi, cu scopul utilizării lor în compozițiile alimentare.

Uleiul de nucă reprezintă un produs finit de calitate, competitiv pe piețele interne și externe, cu valoare biologică sporită, datorită concentrației de acizi grași polinesaturați esențiali  $\omega$ -3,  $\omega$ -6 mai mare decât 70g/100g ulei [1]. Tendințele actuale sunt orientate spre utilizarea uleiului de nucă în alimentație sub diferite forme de compoziții alimentare de origine vegetală și animală. Dar din cauza lipsei de tehnologii specializate de procesare a nucilor în alimente finite și a metodelor de prevenire a degradării lor, actualmente în Republica Moldova se produce numai miez de nuci și în cantități relativ mici ulei de nucă [2].

Păstrarea și utilizarea lipidelor sub formă de ulei de nucă este o problemă tehnologică complexă din cauza modificărilor oxidative ireversibile ale acizilor grași polinesaturați. Astfel, s-a creat situația în care uleiul de nucă practic nu se utilizează pentru obținerea alimentelor noi de calitate. Prelungirea termenului de păstrare a uleiului de nucă va contribui la lărgirea sortimentului produselor alimentare. Acest fapt va accelera creșterea volumului producției nucifere, va stimula dezvoltarea industriei alimentare și va atrage investiții noi. De asemenea, se presupune îmbunătățirea stării de sănătate a cetățenilor Republicii Moldova datorită ameliorării rației lor alimentare cu acizi grași polinesaturați [3, 4].

Având în vedere cele expuse, s-a planificat desfășurarea cercetărilor științifice în direcția obținerii cunoștințelor noi privind proprietățile fizico-chimice, funcționale ale uleiului de nucă, utilizarea uleiului în elaborarea compozițiilor și procedeele produselor finite noi.

Pornind de la aceste premise, lucrarea de față are drept **scop** realizarea cercetărilor teoretice și experimentale privind elaborarea compozițiilor alimentare de tip emulsii A/U pe bază de ulei de nucă, asigurând stabilitatea și valoarea biologică ridicată a produsului finit.

Una dintre cele mai complicate probleme legate de asigurarea stabilității compozițiilor alimentare formate pe bază de ulei de nucă constă în necesitatea de prevenire a procesului de degradare oxidativă a acizilor grași polinesaturați ai lipidelor uleiului de nucă. Pentru a contribui la rezolvarea acestei probleme a fost formulată următoarea **ipoteză științifică**:

- *prevenirea oxidării acizilor grași polinesaturați ai uleiului de nucă în compoziții alimentare poate fi asigurată prin formarea emulsiei de tip A/U cu un raport determinat între acizii grași polinesaturați și saturați.*

Pentru a atinge scopul cercetărilor și a verifica ipoteza științifică expusă au fost formulate următoarele **obiective**:

1. Determinarea căilor posibile de prevenire a degradării oxidative a acizilor grași polinesaturați ai uleiului de nucă în mediile alimentare.
2. Studiul influenței acizilor grași nesaturați și saturați asupra stabilității și texturii compozițiilor alimentare cu ulei de nucă.
3. Analiza impactului antioxidanților asupra prevenirii degradării oxidative a acizilor grași polinesaturați ai uleiului de nucă.
4. Elaborarea compoziției și tehnologiei de obținere a alimentelor noi sub formă de emulsii A/U, de tipul *spread*, pe baza produselor lactate și uleiului de nucă.
5. Aprecierea valorii nutritive și proprietăților fizico-chimice ale *spread-urilor* cu ulei de nucă.
6. Stabilirea termenului de valabilitate și duratei de păstrare a produsului finit.

**Metodologia de cercetare** include un șir de procedee și tehnici analitice, instrumentale de determinare a indicatorilor calității compozițiilor lipidice.

**Noutatea și originalitatea științifică.** Pentru prima dată a fost argumentată științific și demonstrată experimental posibilitatea prevenirii degradării oxidative a acizilor grași polinesaturați ai uleiului de nucă în compozițiile alimentare prin combinarea lipidelor uleiului de nucă și grăsimilor lactate sub formă de emulsii.

**Problema științifică soluționată** constă în stabilirea celor mai importante proprietăți fizico-chimice, nutritive și tehnologice ale compozițiilor pe bază de ulei de nucă și identificarea condițiilor optime și eficiente de procesare tehnologică și de utilizare a acestora.

**Semnificația teoretică** constă în perfectarea metodelor de cercetare a calității uleiului de nucă, obținerea rezultatelor științifice care demonstrează posibilitatea de stabilizare a compozițiilor lipidice cu un conținut înalt de acizi grași polinesaturați și formarea pe baza acestora a unor produse alimentare funcționale.

**Valoarea aplicativă a lucrării** constă în argumentarea metodologiei de utilizare a uleiului de nucă la obținerea diferitor produse alimentare cu un conținut ridicat de acizi grași polinesaturați, în special în compozițiile alimentare în formă de emulsii.

**Implementarea rezultatelor științifice.** Rezultatele cercetărilor științifice efectuate au fost publicate în reviste cotate în baze de date scientometrice, în culegeri ale simpozioanelor și au fost discutate în cadrul dezbaterilor la conferințe științifice naționale și internaționale. A fost obținut brevetul de invenție nr.1281 „Procedeu de obținere a amestecului de grăsimi tartinabile pe bază de smântână dulce”.

**Aprobarea rezultatelor.** Rezultatele principale ale tezei au fost comunicate și discutate la conferințe și simpozioane științifice naționale și internaționale cum ar fi: Conferința tehnico-științifică a colaboratorilor, doctoranzilor și studenților, Chișinău (2014, 2019); Conferința internațională „Modern Technologies in the Food Industry”, Chișinău (2018); Conferința internațională a tinerilor cercetători și studenților, Kiev (2016, 2017); Conferința internațională a tinerilor cercetători și studenților, Mogilev (2016); Conferința internațională științifico-practică „Biotechnology: experience, traditions and innovations”, Kiev (2016, 2018); Simpozionul național „Creația deschide Universul”, Chișinău (2015-2018); simpozioane și saloane de invenție internaționale: „EURO INVENT-2018”, Iași, România; „PRO INVENT-2019”, Cluj-Napoca, România; „INFO INVENT-2019”, Chișinău.

Cele mai relevante rezultate ale tezei au fost prezentate în revista națională „Journal of Engineering Science”, Chișinău (2019, 2020), și reviste din străinătate recunoscute „Journal of Food and Packaging Science, Technique and Technologies”, Plovdiv (2016) și „Ukrainian Food Journal”, Kiev (2019).

Rezultatele cercetărilor științifice, de asemenea, au fost discutate și prezentate în rapoartele proiectului național 5.817.02.30A „Elaborări metodologice și tehnice pentru modernizarea tehnologiei de procesare a nucilor (*Juglans regia L.*) cu utilizarea componentelor biologic active în produsele alimentare funcționale” și ale celui internațional, susținut de Federația Mondială a Savaștilor „National Scholarship Programme of the World Federation of Scientists” cu sediul la Geneva, Elveția.

**Sumarul compartimentelor tezei.** Lucrarea este structurată în patru capitole. Primul reprezintă trecerea în revistă a literaturii, analiza stadiului actual al problematicii temei tezei. Al doilea capitol include descrierea succintă a materialelor și metodelor de analiză, iar în capitolele 3 și 4 sunt expuse rezultatele științifice obținute și analiza lor. Teza se încheie cu concluzii și recomandări practice.

**Cuvinte-cheie:** acizi grași polinesaturați, antioxidanți, grăsime lactată, emulsii alimentare, spread.

## CONȚINUTUL TEZEI

### 1. Uleiul de nucă – aspecte nutriționale și tehnologice

Primul capitol reprezintă analiza surselor bibliografice și vizează cele mai valoroase realizări privind problema elaborării tehnologiilor de fabricare a compozițiilor alimentare pe bază de ulei de nucă stabile față de degradarea oxidativă.

Prin studierea caracteristicilor uleiului de nucă s-a demonstrat că acesta posedă proprietăți curative și prezintă interes ridicat pentru utilizarea în calitate de bază lipidică la formularea emulsiilor alimentare de tip A/U cu valoare biologică sporită. Oxidarea lipidelor reprezintă unul dintre cele mai importante procese de deteriorare a produselor alimentare cu conținut lipidic. Acest proces poate fi inhibat atât de către antioxidanți, cât și prin formarea compozițiilor lipidice cu un raport anumit între acizii grași nesaturați și saturați. La sfârșitul primului capitol sunt formulate scopul și obiectivele de cercetare.

### 2. Materiale și metode de cercetare

În Capitolul 2 sunt caracterizate materiile prime utilizate pentru cercetare, metodele de determinare a indicilor fizico-chimici, microbiologici și tehnologici, precum și metodologia prelucrării statistice a datelor experimentale.

Obiectele principale de studiu sunt mostrele uleiului din miez de nuci (soiurile „Cogâlniceanu” și „Calarașchi”) din recoltele anilor 2014-2018, obținute prin presare la rece în condiții industriale și de laborator [5], precum și emulsiile alimentare (spread-urile) în baza acestora [6]. Pentru cercetarea proprietăților fizico-chimice, structurale și senzoriale ale mostrelor experimentale, precum și pentru elaborările tehnologice, au fost utilizate diferite produse lactate și vegetale, procurate în rețelele comerciale din Republica Moldova, și componente auxiliare (antioxidanți, acizi grași saturați, emulgator lecitină) permise pentru utilizarea în alimente [7].

La efectuarea cercetărilor experimentale s-au folosit metode standard aprobate pentru utilizare în industria alimentară, precum și metode instrumentale moderne de analiză: cromatografia gazoasă la „Kristallux4000M”, spectroscopia IR la „SPECORD M-80”, spectroscopia UV/Vis la „HACH-LANGE DR-5000”, testul instrumental de oxidare accelerată a lipidelor la „892 Professional Rancimat” și metoda CIELab, folosind programul *colorizer.org*.

Analiza microstructurii emulsiilor de tipul A/U a fost efectuată, folosind microscopul optic „Biolam” și „Motic DMB 5-5” (cu cameră digitală). Aprecierea proprietăților senzoriale ale mostrelor experimentale a fost efectuată prin degustări [8].

În cadrul cercetărilor au fost aplicate diferite metode matematice de analiză a datelor experimentale, inclusiv metoda Box-Hunter (Experimentul Factorial Complet bifactorial și trifactorial, EFC 2<sup>2</sup> și EFC 2<sup>3</sup>) [9]. De asemenea, la metodele matematice se referă și construirea diagramelor de stare a compozițiilor ternare. Rezultatele cercetărilor au fost prelucrate prin utilizarea metodelor statistice [10].

### 3. Stabilitatea fizico-chimică a uleiului de nucă

În Capitolul 3 sunt descrise particularitățile de obținere a uleiului de nucă și sunt prezentate rezultatele analizei calității și compoziției chimice a acestuia. Este analizată stabilitatea uleiului de nucă față de degradarea oxidativă în funcție de influența următorilor factori: antioxidanții naturali (extractele *in situ* ale morcovului și frunzelor de ceai verde), antioxidanții sintetici (galatul de octil, palmitatul de ascorbil, DL- $\alpha$ -tocoferolul), apa și acizii grași saturați.

#### 3.1. Caracteristicile fizico-chimice ale uleiului de nucă

În calitate de obiect principal de cercetare a servit uleiul obținut prin presare la rece a nucilor de soiul „Cogâlniceanu”. Nucile în coajă au fost sparse manual, miezul a fost extras și măcinat. Uleiul a fost separat din măcinătura de nucă sub acțiunea unei presiuni exterioare treptat crescătoare (de la 5 până la 50 MPa), astfel încât temperatura să nu depășească 27°C [11]. Randamentul uleiului de nucă extras a constituit  $40,7 \pm 1,4\%$ .

Lipidele miezului de nuci au un conținut redus de acizi grași saturați (9,18%), iar acizii grași polinesaturați constituie aproape 83% din totalul acizilor grași (tabelul 1). Uleiul de nucă obținut în cadrul cercetării a fost considerat proaspăt, căci indicele de peroxid al acestuia a fost cu mult mai mic decât valoarea maximă admisibilă ( $3,30 \pm 0,13$  mmol/g ulei), iar conținutul de aldehide neînsemnat ( $0,53 \pm 0,09$  u.c.).

**Tab.1. Compoziția în acizi grași polinesaturați ai uleiului din miez de nuci, soiul “Cogâlniceanu”, recolta 2015, determinată prin cromatografia de gaze, P > 99,9%**

Denumirea acidului gras	Fracția de masă a acizilor grași, %
C 18:2 (linoleic), $\omega$ -6	11,62
C 18:3 ( $\gamma$ -linolenic), $\omega$ -6	61,98
C 18:3 ( $\alpha$ -linolenic), $\omega$ -3	8,88
C 20:2 (eicosadienoic)	0,20
C 20:3 (eicosatrienoic), $\omega$ -3	0,03
C 22:2 (cis-13,16-docosadienoic)	0,23
<b>Total</b>	<b>82,93</b>

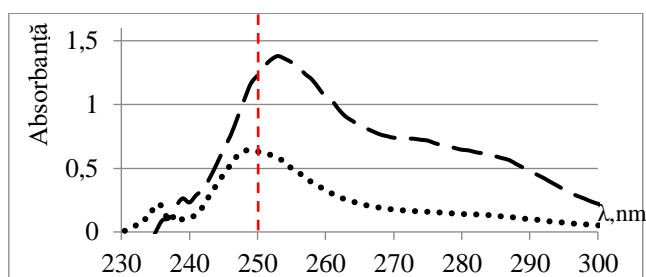
S-a observat că calitatea uleiului de nucă corelează cu parametrii spectrelor IR, iar semnalele respective, care confirmă schimbarea calității uleiului de nucă, se manifestă în probele





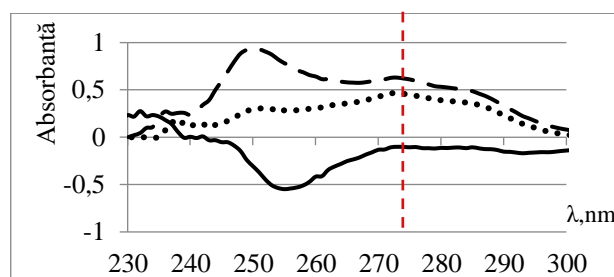
Considerăm că aceste diferențe în valorile absorbanțelor ar putea servi la determinarea gradului de prospețime a uleiului de nucă, deoarece raportul densităților optice  $A_{3010}/A_{2920}$  crește în urma degradării oxidative a uleiului.

Gradul de prospețime și, în general, calitatea uleiului de nucă poate fi determinată și prin analiza spectrelor lui UV-Vis, mai ales prin calculul diferențelor dintre spectrele uleiurilor de nucă (UN) cu durată diferită de păstrare și dintre uleiul de nucă și uleiul de floarea-soarelui (UFS). Astfel, a fost observată o asemănare a spectrelor de uleiuri păstrate un anumit timp, exprimată în diapazonul lungimilor de undă 240-270 nm (figura 4). Acest fapt poate indica oxidarea sau alt fel de degradare a lipidelor vegetale.



— — — UN industrial – UN UTM  
 ..... UN UTM (1 an) – UN UTM (proaspăt)

**Fig.4. Diferențele dintre spectrele uleiurilor de nucă**  
 (diluție 1:80, solvent și referință – cloroform)



———— UN industrial – UFS  
 — — — UN UTM (proaspăt) – UFS  
 ..... UN UTM (1 an) – UFS

**Fig.5. Diferențele dintre spectrele uleiurilor de nucă și uleiului de floarea-soarelui**  
 (diluție 1:80, solvent și referință – cloroform)

Spectrele uleiurilor de nucă obținute în condiții industriale de producătorii locali se aseamănă ce spectrul uleiului de nucă obținut la UTM și păstrat la întuneric la temperatura  $(3 \pm 2)^\circ\text{C}$  timp de un an (figura 4). La lungimea de undă 250 nm aceste spectre arată o absorbantă mai mare decât spectrele uleiului de nucă proaspăt obținut, ceea ce poate indica că a avut loc degradarea oxidativă a lipidelor respective. La lungimea de undă 275 nm (figura 5) a fost observat picul, caracteristic uleiului de floarea soarelui și uleiurilor de nucă comerciale, ceea ce poate însemna că la obținerea acestor produse au fost aplicate alte procedee tehnologice, diferite de procedeul de presare la rece.

Considerăm că metoda spectroscopiei în domeniul UV-Vis poate servi atât pentru identificarea post-factum a tehnologiilor în baza cărora au fost produse loturile de uleiuri, cât și pentru evidențierea unor semne de degradare a lipidelor vegetale. Aceasta este o metodă prospectivă de cercetare a calității uleiurilor virgine, dar necesită o dezvoltare ulterioară.

### 3.2. Analiza stabilității uleiului de nucă în prezența antioxidanților naturali

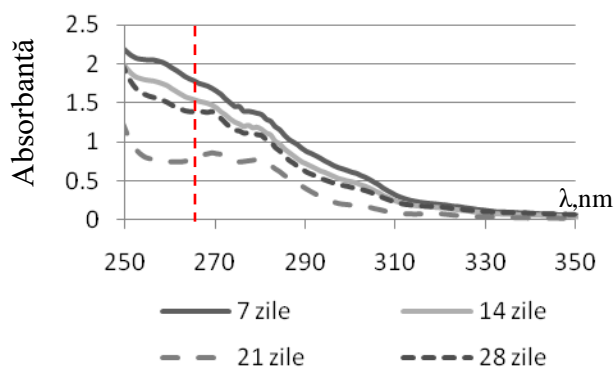
A fost planificat experimentul factorial complet (EFC 2<sup>2</sup>) privind analiza stabilității uleiului de nucă în prezența extractelor uleioase de morcov (16,52 mg/100g ulei de  $\beta$ -caroten, factorul X<sub>1</sub>) și de frunze de ceai verde (95,71 mg/100g ulei de clorofilă „a”, factorul X<sub>2</sub>).

Pe baza extractelor obținute, s-au format trei serii de probe, serii A și B – amestec de ulei de nucă și antioxidanți naturali în diferite proporții (tabelul 2), și seria C-martor – fără ulei de nucă. Uleiul de floarea-soarelui a servit în calitate de fon la formarea compozițiilor.

**Tab.2. Proporțiile dintre componentele compozițiilor lipidice**

Nr. de exper./ Factor	Extractul uleios de $\beta$ -caroten, ml		Extractul lipidic de ceai verde, ml		Ulei de nucă „UTM”, ml	Ulei de floarea-soarelui „Floris”, ml	Total, ml
B 1	+	1	+	1	6	2	10
B 2	+	1	-	0,5	6	2,5	10
B 3	-	0,5	+	1	6	2,5	10
B 4	-	0,5	-	0,5	6	3	10

Dinamica modificării spectrelor a fost studiată pe parcurs de o lună. Din spectrele acestor serii a fost selectat picul la lungimea de undă 269 nm (figura 6), care suportă schimbări esențiale pe parcursul păstrării uleiului de nucă.



**Fig.6. Spectrele compozițiilor de uleiuri vegetale fortificate cu compuși biologic activi din seria B1**

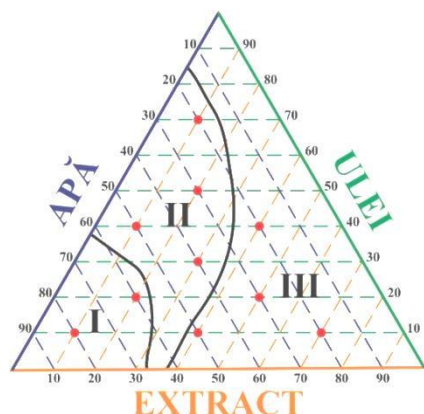
**Tab.3. Valorile coeficienților de influență, seria B**

Timpul trecut, zile	Coeficienții de influență, A <sub>269</sub>			
	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_{12}$
7	<b>1,407</b>	<b>0,163</b>	<b>0,043</b>	0,086
14	<b>1,336</b>	<b>-0,104</b>	<b>0,169</b>	<b>0,081</b>
21	<b>0,834</b>	-0,032	0,059	0,006
28	<b>1,307</b>	0,105	0,080	-0,094

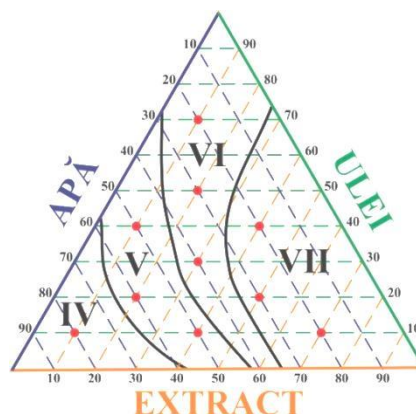
În coordonatele  $A_{269} = f(\tau)$  au fost construite curbele cinetice ale compozițiilor lipidice obținute pentru a determina coeficienții de influență (tabelul 3), care pot caracteriza cantitativ influența extractelor lipidice de antioxidanți asupra stabilității uleiului de nucă.

Astfel, stabilitatea compozițiilor se observă în primele două săptămâni ale depozitării, reprezentând o perioadă de stabilizare a lipidelor cu antioxidanți naturali. Efectul cel mai pronunțat de stabilizare în această perioadă îl manifestă extractul uleios de ceai verde (factorul  $\beta_2$ ).

În scopul evaluării influenței extractului natural de antioxidanți asupra structurii emulsiilor pe bază de ulei de nucă, au fost obținute sistemele, în care faza apolară a fost constituită din uleiul de nucă (Ulei) și extractul lipidic din frunze de ceai verde (Extract), iar cea polară – din apă.



**Fig.7. Starea fazică inițială a sistemului Extract de ceai verde–Ulei de nucă–Apă**



**Fig.8. Stabilitatea agregativă a sistemului Extract de ceai verde–Ulei de nucă–Apă**

S-au evidențiat trei regiuni cu stare fazică diferită (figura 7). Regiunea III corespunde formării emulsiilor A/U. Aceste emulsii se formează într-un diapazon larg de concentrații ai Extractului, 40...100%. În schimb, diapazonul respectiv este mult mai îngust pentru Uleiul de nucă, 85...100%. Astfel, analiza diagramei fazice demonstrează că extractul lipidic de ceai verde stabilizează structural emulsiile A/U.

Evaluarea în timp a sistemului „Extract de ceai verde–Ulei de nucă–Apă” (figura 8) a definitivat patru domenii, având stabilitate crescândă „de la apă la ulei”: regiunea IV (<1min.), regiunea V (2...5 min.), regiunea VI (5...7 min.), regiunea VII (>7 min.). Așadar, extractul uleios de ceai verde exercită un efect pronunțat de stabilizare a emulsiilor de tip A/U, sistemul cel mai stabil având un conținut de fază apoasă de până la 30% [12].

### 3.3. Analiza stabilității uleiului de nucă în prezența antioxidanților sintetici

Dinamica modificării proprietăților compozițiilor de ulei de nucă cu diferite concentrații de antioxidanți sintetici a fost studiată pe parcursul a 75 zile, probele fiind păstrate la întuneric, la temperatura  $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ . Mostrele experimentale au fost preparate conform planului EFC 2<sup>3</sup> pentru următorii factori de influență: galatul de octil, OG, X<sub>1</sub> (25...75mg/kg); palmitatul de ascorbil, AAP, X<sub>2</sub> (16,7...50 mg/kg); DL- $\alpha$ -tocoferolul, DLTP, X<sub>3</sub> (65...195 mg/kg). Ponderea adaosului de antioxidanți a fost calculată, astfel încât să respecte cerințele privind concentrațiile maxime admisibile ale fiecărui tip de antioxidant (OG : DLTP : AAP=100 : 300 : 500) [13].

Peste 14 și 60 zile de păstrare a probelor au fost analizate valorile indicilor de peroxid (IP), elaborând ecuațiile de regresie, care reflectă influența factorilor (antioxidanților) asupra stabilității compozițiilor:

$$\widehat{IP}_{D14} = 3,06X_0 - 0,54X_1 - 0,24X_2 - 0,39X_3 + 0,27X_{12} + 0,12X_{13} + 0,19X_{123}, \quad (1)$$

în care: valoarea  $\widehat{IP}_{D14}$  reprezintă așteptarea matematică a modelului „prezisă” după excluderea factorului nesemnificativ  $\beta_{23}X_{23} = 0,08 X_{23}$ ;  $\Delta\beta = 0,11$  pentru  $q = 5\%$ ,  $\Delta\beta = 0,16$  pentru  $q = 1\%$ .

$$\widehat{IP}_{D60} = 11,46X_0 - 0,79X_1 + 1,73X_2 - 1,42X_{12} - 1,64X_{13} + 1,24X_{23} - 0,83X_{123}, \quad (2)$$

în care: valoarea  $\widehat{IP}_{D60}$  reprezintă așteptarea matematică a modelului „prezisă” după excluderea factorului nesemnificativ  $\beta_3X_3 = 0,34 X_3$ ;  $\Delta\beta = 0,58$  pentru  $q = 5\%$ ,  $\Delta\beta = 0,85$  pentru  $q = 1\%$ .

În ecuația (1), valoarea coeficientului central  $\beta_0 = 3,06$  este mai mică decât valoarea respectivă a IP pentru uleiul de nucă, care nu a fost tratat cu antioxidanți ( $3,30 \pm 0,13$  mmol/g ulei). Astfel, se confirmă acțiunea dezoxidantă a sistemului (OG + DLTP + AAP).

Conform ecuației (2), după 60 de zile factorul  $X_2$  (DLTP) are influență „rea” asupra sistemului lipidic, contribuind în mod semnificativ la creșterea indicelui de peroxid al compoziției cu ulei de nucă. Factorul  $X_3$  (AAP) nu mai acționează în mod direct, deoarece coeficientul lui de influență nu depășește valoarea erorii experimentului ( $\beta_3 = 0,34 < \Delta\beta_{5\%} = 0,58$ ). Cauza posibilă a acestui fenomen constă în faptul că ascorbilul palmitat a dovedit să se consume pe parcursul a 2 luni. Din toți factorii generatori doar factorul  $X_1$  (OG) exercită o influență slabă, dar pozitivă asupra indicelui de peroxid.

Indicii de *p*-anizidină (IPA) ai compozițiilor uleiului de nucă cu antioxidanți au fost determinați peste 75 zile de păstrare (ecuația 3), după ce în probele analizate au crescut semnificativ valorile indicilor de peroxid, reieșind din ipoteza că acumularea produselor secundare de oxidare în lipide începe după formarea peroxizilor [14].

$$\widehat{IPA} = 2,039X_0 + 0,197X_2 - 0,093X_{13} - 0,069X_{23} \quad (3)$$

în care: valoarea  $\widehat{IPA}$  reprezintă așteptarea matematică a modelului „prezisă” după excluderea factorilor nesemnificativi, factorul  $X_{13}$  fiind semnificativ cu  $\Delta\beta = 0,092$  pentru  $q = 22\%$ , iar factorul  $X_{23}$  – cu  $\Delta\beta_{23} = 0,063$  pentru  $q = 35\%$ .

În ecuația (3), DLTP are o valoare semnificativă pozitivă, ceea ce înseamnă influență „rea” asupra stabilității compoziției. Se observă și impactul negativ comun („bun”) asupra IPA a perechilor de antioxidanți: (OG + AAP) și (DLTP + AAP).

Prin urmare, activitatea antioxidantă în compozițiile cu ulei de nucă crește în serie DLTP < AAP < OG. Utilizarea DLTP pentru stabilizarea compozițiilor lipidice nu este eficientă. Sistemul din doi antioxidanți, OG + AAP, are acțiune stabilizatoare sinergetică.

### 3.4. Analiza stabilității sistemului Ulei de nucă–Apă–Antioxidant

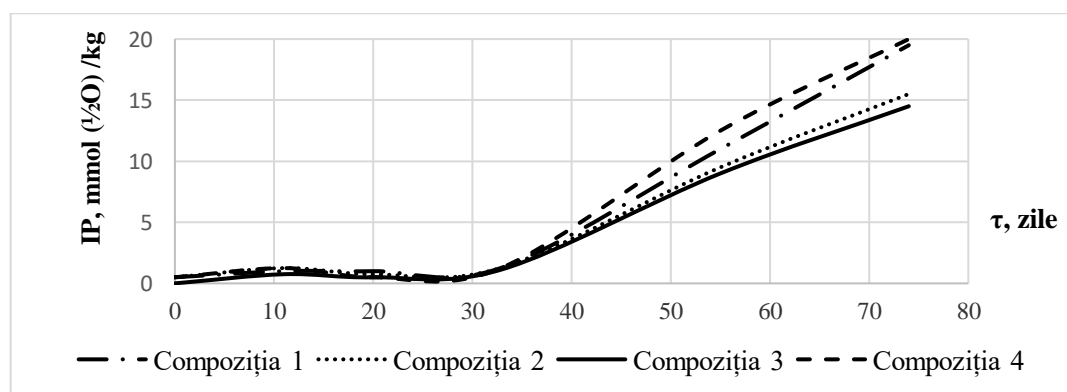
Antioxidanții liposolubili sunt substanțe tensioactive, respectiv, se concentrează la interfața ulei/apă. De aceea, pentru sistemele alimentare de tip emulsii prezintă interes analiza influenței comune a antioxidantilor și apei asupra stabilității uleiului de nucă.

Probele de ulei de nucă cu concentrații diferite de apă (0,0...0,3%) și antioxidantul galatul de octil (0,0...0,2 mg/g) au fost preparate conform planului EFC 2<sup>2</sup> (tabelul 4). Compozițiile obținute au fost introduse în fiole de unică folosință, apoi sigilate, asigurând absența accesului de aer. Fiolele au fost depozitate la întunec și deschise doar nemijlocit în momentul măsurării.

**Tab.4. Planul experimentului EFC 2<sup>2</sup> privind formarea compozițiilor sistemului Ulei de nucă–Apă–Galat de octil**

Factor		Compoziții							
		1	2	3	4				
Ulei de nucă, g	X <sub>0</sub>	+	20	+	20	+	20	+	20
Apă, %	X <sub>1</sub>	-	0	+	0,3	-	0	+	0,3
Galat de octil, mg	X <sub>2</sub>	-	0	-	0	+	2	+	2
Interacțiune	X <sub>12</sub>	+		-		-		+	

Analiza cineticii procesului de oxidare a lipidelor a fost efectuată prin evaluarea modificării indicilor de peroxid, IP (figura 9).



**Fig 9. Analiza comparativă a dinamicii oxidării sistemului Ulei de nucă–Apă–Galat de octil**

Reieșind din analiza figurii 9, peste 70 zile de păstrare a probelor uleiul de nucă deshidratat fără antioxidant (compoziția 1) și cel saturat cu apă și antioxidant (compoziția 4) au cele mai ridicate valori ale indicelui de peroxid. În uleiul saturat cu apă și fără antioxidant (compoziția 2) apa extrage hidroperoxizii, interferează cu produsele de descompunere a lor și, astfel, parțial previne oxidarea [15]. Cea mai stabilă este compoziția deshidratată care conține galat de octil (compoziția 3). Prin urmare, când există riscul de stocare a compozițiilor de ulei de nucă stabilizate cu antioxidanți la temperaturi ridicate (de pildă, în timpul verii), se recomandă a efectua deshidratarea prealabilă a acestora [16].

### 3.5. Acțiunea acizilor grași asupra texturii compozițiilor cu ulei de nucă

Influența acizilor grași saturați și mononesaturați asupra stabilității compozițiilor pe bază de ulei de nucă a fost evaluată cu ajutorul metodei Rancimat (tabelul 5).

**Tab.5. Timpul de inducție pentru lipidele vegetale la 120°C**

Grăsimi vegetale	Raportul acizilor grași nesaturați/ saturați	Timpul de inducție (TI), h	Timpul de stabilitate (TS), h	TS-TI, h
Unt de cacao [17]	0,77	9...15	-	-
Ulei de palmier [17]	1,02	7...12	-	-
Ulei de nucă	12,33	1,92	2,56	0,64
Unt de cacao + Ulei de nucă (1:1)	6,55	2,33	3,34	1,01
Ulei de palmier + Ulei de nucă (1:1)	6,68	3,14	3,84	0,70
Acid oleic + Ulei de nucă (1:1)	-	0,79	1,40	0,61

În pofida faptului că conținutul acizilor grași saturați în untul de cacao este mai mare decât în uleiul de palmier [18, 19], timpul de inducție cel mai îndelungat manifestă amestecul uleiului de palmier cu ulei de nucă, iar perioada de la apariția primelor produse volatile de oxidare (timpul de inducție) până la degradarea completă a grăsimilor (timpul de stabilitate) este mai mare pentru amestecul untului de cacao cu uleiul de nucă. Prezența acizilor grași mononesaturați în compoziție accelerează oxidarea uleiului de nucă, timpul de inducție al amestecului cu acid oleic fiind de 2,4 ori mai mic decât la uleiul de nucă pur. Cauza posibilă a acestor fenomene este legată de starea fizică de agregare a grăsimilor vegetale analizate, care, la rândul său, depinde de structura lor chimică.

Compoziția uleiului de palmier constă, în esență, din acizi grași saturați cu un lanț alifatic mai lung decât în untul de cacao. Cu ajutorul formulei (4) au fost calculate lungimile medii ale lanțului carboxilic ( $L_{lc}$ ) de acizi grași nesaturați (luând în considerare % de acid gras din totalul acizilor grași saturați), care intră în compozițiile de ulei de palmier [18] și unt de cacao [19]:

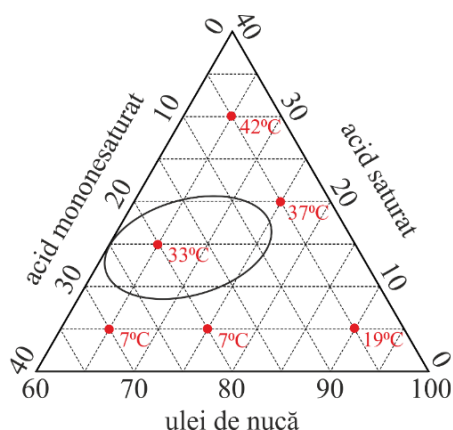
$$L_{lc} = \frac{\sum L_{lc,i} \times \omega_i}{100 \%}, \quad (4)$$

în care:  $L_{lc, i}$  – numărul (proporțional cu lungimea) atomilor de carbon în lanțul acidului gras saturat;  
 $\omega_i$  – partea de masă a acidului.

Din calculele efectuate s-a stabilit că lungimea medie a lanțului carboxilic al uleiului de palmier este mai mare decât a untului de cacao – 16,16 și 15,25, respectiv. Astfel, potențialul de stabilizare a uleiului de palmier poate fi explicat nu doar prin cantitatea brută a acizilor grași saturați, dar și prin „calitate”, adică structura chimică a lor, inclusiv lungimea catenelor.

În industria alimentară, lipidele vegetale solide sunt utilizate în combinații cu uleiurile pentru a obține diferite tipuri de produse tartinabile (spread-uri). Temperatura de topire a acestor compoziții trebuie să fie similară cu cea a grăsimii lactate, situându-se în intervalul de cca  $30 \pm 5^\circ\text{C}$  [20], în timp ce punctul de topire a uleiului de nucă este egal cu  $-18^\circ\text{C}$  [21]. Pentru a

optimiza compoziția amestecului de lipide vegetale și a minimiza concentrația de acizi grași saturați a fost propusă utilizarea unui acid gras saturat pur cu un lanț alifatic lung.



**Fig.10. Diagrama sistemului Ulei de nucă– Acid mononesaturat pur– Acid saturat pur**

de nucă, 10...25% acid oleic, 10...20% acid stearic. Astfel, compoziția solidă de ulei de nucă poate fi obținută prin combinarea acestuia cu 15% de acid gras saturat cu lungimea lanțului carboxilic egală cu 18 [22].

#### **4. Elaborarea compozițiilor și tehnologiei de obținere a alimentelor de tip spread pe bază de ulei de nucă**

În Capitolul 4 sunt stabilite aspectele tehnologice privind elaborarea compozițiilor alimentare cu ulei de nucă rezistente la degradări oxidative. Sunt descrise principiile de obținere a spread-urilor pe bază de grăsimi lactate și lipide vegetale, elaborând schemele lor tehnologice de producere și argumentând calitatea și valoarea biologică înaltă a produselor finite.

##### **4.1. Proiectarea compozițiilor și tehnologiei de obținere a alimentelor de tip spread pe bază de ulei de nucă**

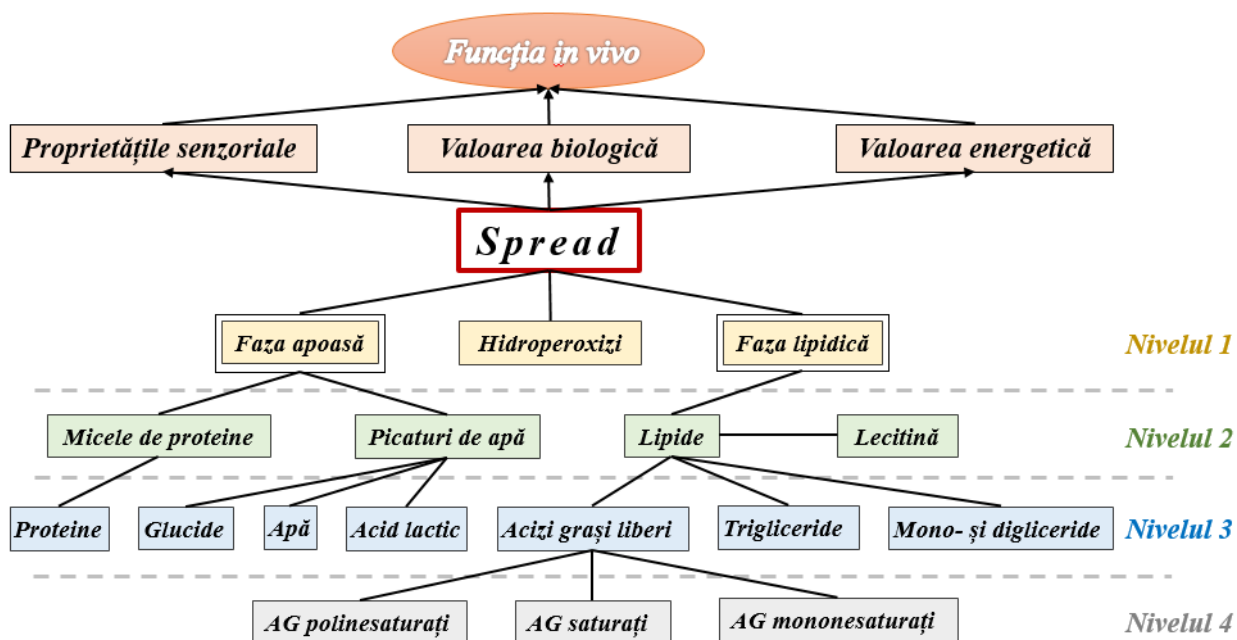
Elaborarea tehnologiilor noi de obținere a produselor echilibrate după compoziție prevede, printre altele, ajustarea fracțiilor lor lipidice la un raport optim între acizii grași saturați (AGS), mononesaturați (AGMN) și polinesaturați (AGPNS) [23, 24].

Untul, produs lipidic utilizat zi de zi, reprezintă o emulsie de tip A/U, solidă la temperatura camerei. Transformarea texturii untului din stare solidă în stare semisolidă la  $t = 30...37^{\circ}\text{C}$  se datorează conținutului în AGS > 40% din grăsimile totale [1]. După compoziția chimică, untul manifestă valoare nutritivă, mai ales energetică, însă conținutul de AGPNS constituie numai 2...6% din grăsimile totale [25, 26]. Prin creșterea esențială a conținutului de acizi grași polinesaturați în compoziția untului poate fi ridicată valoarea sa biologică și ameliorată calitatea. În acest scop, a fost inițiată elaborarea tehnologiei de obținere a compozițiilor alimentare de tip spread pe bază de lipide lactate și ulei de nucă.



Produsele alimentare de tip spread intră în categoria de produse obținute din amestecul de grăsimi vegetale și/sau animale cu un conținut total de grăsimi cuprins între 62% și 80% [6, 27]. Bazându-ne pe datele obținute anterior, că emulsia alimentară de tip A/U este mai stabilă în sistemul cu un conținut de fază apoasă de până la 30% (figura 8) și luând în considerare preferințele tradiționale ale consumatorilor, s-a convenit că conținutul total de lipide în spread-uri trebuie să fie cuprins între 70 și 75%. Iar datorită faptului că pentru obținerea texturii solide a produsului, conținutul de acizi grași saturați din grăsimea totală trebuie să fie mai mare de 40%, a fost propus a elabora tehnologia de obținerea a spread-urilor care ar conține mai mult de 50% grăsimi lactate.

Structura spread-ului trebuie să fie asemănătoare cu a untului și să reprezinte o emulsie de tipul A/U cu temperatura de topire cuprinsă între 27...36°C. Principalele substanțe chimice care pot influența funcția *in vivo* a produsului sunt acizii grași saturați și polinesaturați, proteinele și apa (figura 11). Astfel, calitatea spread-urilor este influențată de compoziția și conținutul acizilor grași, de prezența aditivilor non-grași, de tipul emulsiei și, nu în ultimul rând, de faza lipidică utilizată, care determină temperatura de topire, duritatea produsului, tartinabilitatea acestuia și caracteristicile sale structurale și reologice [24].



**Fig.11. Schema structurii spread-ului cu ulei de nucă**

A fost formulat drept scop obținerea spread-ului cu concentrația uleiului de nucă nu mai mică de 20% din conținutul total de grăsimi, păstrând stabilitatea antioxidantă suficientă a produsului la realizarea lanțului *producere – distribuire – vânzare – consum*. Astfel, potențialul biologic înalt al spread-ului trebuie să fie asigurat atât în procesul de obținere, cât și la păstrarea produsului.

Stabilitatea untului ca emulsiei de tip A/U depinde de eficiența și viteza procesului de separare a fracției lipidice din smântâna dulce (emulsia U/A), ceea ce este un fapt determinant la obținerea produselor tartinabile. Pentru alegerea metodei de obținere a spread-urilor pe bază de grăsimi lactate și lipide vegetale, au fost analizate două modalități de concentrare a fazei lipidice: prin procesul de batere a smântânii dulci cu un conținut de grăsime de până la 40% și prin procesul de transformare a acesteia cu concentrație înaltă de grăsime.

Pentru normalizarea conținutului de grăsime în emulsii și pentru formarea compozițiilor vegetale pe bază de ulei de nucă, în calitate de sursă a fazei apoase a fost utilizat laptele degresat. Suplimentar, pentru a asigura stabilitatea structurală și antioxidantă a spread-urilor, în rețetele acestora a fost introdus emulgatorul lecitină din soia, contribuind la dispersarea fină a picăturilor de apă în fracția lipidică a produsului [28].

#### **4.2. Elaborarea spread-urilor pe baza amestecului de emulsii cu un conținut înalt de grăsime**

În prima etapă a fost testată tehnologia de obținere a spread-urilor pe bază de smântână dulce cu  $72,5 \pm 0,5\%$  grăsime, lapte degresat, ulei de nucă și emulgator.

Studiile prealabile au arătat că utilizarea uleiului de nucă ca atare în formularea amestecurilor tartinabile influențează negativ textura și termostabilitatea spread-ului. De aceea, pentru cercetările experimentale privind obținerea spread-urilor pe baza amestecului de emulsii cu un conținut înalt de grăsime, în calitate de lipide vegetale a fost utilizat ulei de nucă modificat, reprezentând compoziția de ulei de nucă cu acid stearic (85:15, raportul fiind identificat ca optim conform figuri 10) cu temperatura de topire  $30 \pm 1^\circ\text{C}$  [22].

Cantitatea de lecitină necesară pentru obținerea spread-urilor pe baza amestecului de lipide lactate și vegetale a fost investigată în funcție de concentrația uleiului de nucă în compoziția produsului și de valoarea termostabilității probelor obținute. A fost stabilit că efectul negativ al creșterii concentrației uleiului de nucă în faza lipidică a emulsiei asupra termostabilității spread-ului poate fi doar parțial compensat prin creșterea concentrației lecitinei [29]. Cantitatea medie recomandată a emulgatorului pentru producerea spread-ului cu ulei de nucă este 0,2...0,3% lecitină în masa totală a produsului.




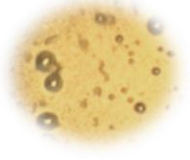


Concentrarea lipidelor în compozițiile se realizează prin metoda de transformare a emulsiei de tip U/A cu un conținut înalt de grăsime în emulsie de tip A/U, fără schimbarea esențială a conținutului total de grăsimi în produsul finit.

Potrivit studiului actual al tehnologiilor utilizate la fabricarea spread-urilor pe bază de grăsimi lactate și lipide vegetale [23, 28], au fost identificate 3 procedee de obținere a produselor tartinabile.

Procedeeul 1 include etapa de formare a emulsiei vegetale din ulei de nucă modificat, apă și emulgator. Ulterior această emulsie se amestecă cu lipidele lactate, fiind apoi supusă tratamentului termomecanic până la formarea texturii untului. La realizarea procedeeelor 2 și 3, procesul de emulsionare a compoziției are loc după amestecarea tuturor componentelor încălzite până la temperatura de 55°C, doar că adăugarea ingredientelor se realizează în ordine diferită.

Analiza procedeeelor descrise a fost efectuată prin obținerea spread-urilor cu 71...74% de conținut total de grăsimi, inclusiv 50% de ulei de nucă modificat. Raportul echivalent dintre lipidele vegetale și lactate a fost ales în scopul examinării comparative a caracteristicilor probelor de spread obținute (tabelul 6). În urma analizei proprietăților fizico-chimice, organoleptice și structurii la microscop a produselor respective a fost stabilit că după consistență (compactă, omogenă), termostabilitate ( $0,70 \pm 0,04$ ), temperatura de topire ( $32,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$ ) și textură cele mai bune caracteristici posedă spread-ul obținut prin Procedeeul nr. 3.

**Tab.6. Caracteristicile spread-urilor obținute prin diferite procedee pe baza amestecului de emulsii cu un conținut înalt de grăsime**

Caracteristicile	Procedeeul 1	Procedeeul 2	Procedeeul 3
Culoarea (la suprafață și în secțiune)	 Albă, uniformă în toată masa, cu luciu caracteristic	 Alb-gălbuie, uniformă în toată masa, cu luciu caracteristic	 Alb-gălbuie, uniformă în toată masa, cu luciu caracteristic
Aspectul	Suprafață continuă, fără goluri de aer și impurități		
Consistența (la 10-12°C)	Onctuoasă, compactă, omogenă	Moale, omogenă	Onctuoasă, compactă, omogenă
Mirosul	Plăcut, cu aromă mai puțin pronunțată de unt		
Gustul	De smântână cu nuanță de nucă și gust slab remanent de seu		
Conținutul de grăsimi, %	$72,3 \pm 0,2$	$72,2 \pm 0,1$	$72,4 \pm 0,2$
Conținutul de apă, %	$25,2 \pm 0,2$	$25,3 \pm 0,1$	$25,1 \pm 0,2$
Coeficientul de termostabilitate	$0,62 \pm 0,04$	$0,58 \pm 0,03$	$0,70 \pm 0,04$
Temperatura de topire, °C	$32,5 \pm 0,3$	$31,5 \pm 0,5$	$32,5 \pm 0,2$
Structura la microscop			

Totuși, utilizarea uleiului de nucă modificat cu acid stearic în spread-urile cu 50% de lipide vegetale din grăsimile totale conduce la apariția gustului ușor remanent de seu. A fost propusă studierea impactului diferitor concentrații de ulei de nucă modificat în compoziția spread-ului (< 50% din grăsimile totale) asupra caracteristicilor produsului finit (tabelul 7).

**Tab.7. Caracteristicile fizico-chimice ale spread-urilor pe baza amestecului de emulsii cu un conținut înalt de grăsime cu raport diferit între lipidele lactate și vegetale**

Conținutul de lipide lactate, % din grăsimile totale	Conținutul de ulei de nucă modificat, % din grăsimile totale	Compoziția în acizi grași, % din totalul acizilor grași			Raportul ω6:ω3		Coeficientul de termostabilitate
		AGS	AGMNS	AGPNS			
50	50	42,9	20,0	36,4	32,5:3,9	8,4	0,70±0,02
60	40	47,0	22,6	29,6	26,4:3,2	8,4	0,88±0,01
70	30	51,0	25,3	22,8	20,3:2,4	8,4	0,88±0,01
80	20	55,0	27,9	16,0	14,3:1,7	8,4	0,93±0,01

Conform datelor prezentate în tabelul 7, utilizarea uleiului de nucă modificat (15% acid stearic) în proporție de 20...50% la obținerea spread-ului conduce la ameliorarea valorii sale nutritive și biologice ca rezultat al creșterii conținutului de acizi grași polinesaturați și, respectiv, al reducerii conținutului acizilor grași saturați.

Probele cu 20...40% lipide vegetale din grăsimile totale manifestă consistență onctuoasă, omogenă, valori bune ale coeficientului de termostabilitate (0,88...0,93) și raportul AGS:AGPNS = 1,5...4, ce se potrivește conceptului „grăsimii echilibrate” [23, 24].

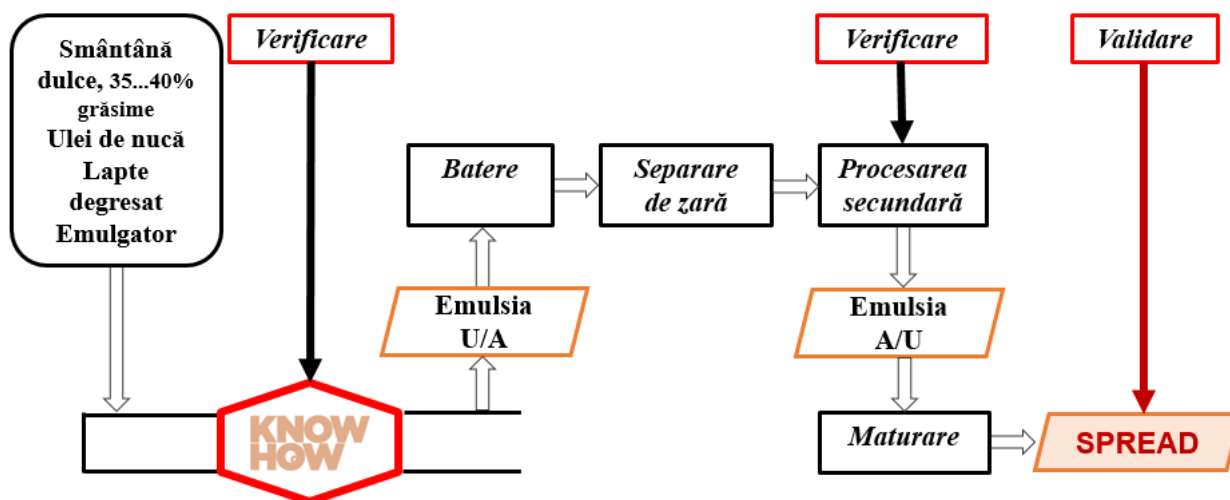
În pofida faptului că chiar la spread-urile cu cantitate minimală de ulei de nucă modificat (20%) se asigură raportul optim dintre acizii grași saturați și polinesaturați, aceste probe nu corespund din punct de vedere senzorial, având o nuanță de gust de seu abia perceptibilă datorită prezenței acidului stearic în compoziția produsului. Din aceste considerente, a fost necesară identificarea soluțiilor tehnologice privind asigurarea atât a proprietăților structurale, reologice, nutritive, cât și a celor organoleptice ale spread-ului cu ulei de nucă.

#### **4.3. Elaborarea tehnologiei de obținere a spread-urilor pe baza amestecului de emulsii cu un conținut de grăsime de până la 40%**

A fost elaborat procedeul de obținere a spread-ului care constă în faptul că, prin procesul de batere, din amestecul cu 35...40% de lipide lactate și ulei de nucă sub formă de emulsie de tip U/A, se formează emulsia de tip A/U (figura 12).

În cadrul fabricației spread-ului în condiții industriale se presupun 3 puncte de control – la obținerea diferitor tipuri de emulsii (U/A și A/U) și validarea produsului finit. Durata ciclului de producere depinde de volumul materiei prime procesate și în medie constituie 8-12 ore. Randamentul produsului finit este 45...50%.

Procedeele elaborate de obținere a spread-urilor cu un conținut sporit de acizi grași polinesaturați a fost descris în brevetul de invenție “Procedeu de obținere a amestecului de grăsimi tartinabile pe bază de smântână dulce” [30].



**Fig.12. Schema generală a procedurii de fabricație a spread-ului conform brevetului de invenție nr. 1281, 2018.09.30. BOPI nr. 9/2018**

În scopul determinării cantităților optime ale uleiului de nucă în compoziția spread-urilor obținute pe baza amestecului de emulsii cu un conținut de grăsime de până la 40% au fost pregătite probele cu 20 și 30% de ulei de nucă din grăsimi totale.

Influența cantității uleiului de nucă asupra proprietăților organoleptice ale spread-urilor a fost analizată de o echipă de 7 degustători cu competențele de rigoare conform ISO 22935/2015 [8]. Pentru comparație, paralel au fost evaluate caracteristicile senzoriale ale spread-ului industrial de 72,5% grăsime (tabelul 8).

**Tab.8. Aprecierea indicatorilor senzoriali ai spread-urilor**

Indicatorii senzoriali	Spread-ul cu 30% de ulei de nucă din grăsimile totale	Spread-ul cu 20% de ulei de nucă din grăsimile totale	Spread-ul industrial
Aspect	4,57 ± 0,58	4,57 ± 0,58	4,86 ± 0,41
Consistență	4,00 (unanim)	4,86 ± 0,41	5,00 (unanim)
Miros	4,67 ± 0,57	4,71 ± 0,53	4,71 ± 0,53
Gust	4,67 ± 0,57	4,86 ± 0,41	4,67 ± 0,57
<b>Punctaj mediu</b>	<b>4,48 ± 0,54</b>	<b>4,75 ± 0,49</b>	<b>4,82 ± 0,44</b>

Datele din tabelul 8 demonstrează că spread-ul cu 30% ulei de nucă a fost apreciat după consistență ușor moale, punctajul mediu pe produs totuși având valoarea de cca 4,5, ceea ce înseamnă abateri minime de la cerințele senzoriale. La produsul industrial au fost evidențiate nuanțe de gust ranced. Din probele experimentale, cel mai mare punctaj mediu pe produs a

obținut spread-ul cu 20% de ulei de nucă, fiind apreciat înalt după aroma plăcută de smântână dulce cu nuanță discretă de ulei de nucă.

**Tab.9. Caracteristicile fizico-chimice ale spread-urilor pe baza amestecului de emulsii cu un conținut de grăsime de până la 40% cu raport diferit între lipidele lactate și vegetale**

Conținutul de lipide lactate, % din grăsimile totale	Conținutul de ulei de nucă, % din grăsimile totale	Compoziția în acizi grași, % din totalul acizilor grași			Raportul $\omega 6:\omega 3$		Coeficientul de termostabilitate
		AGS	AGMNS	AGPNS			
70	30	46,9	25,6	26,5	23,70:2,80	8,38	0,78±0,02
80	20	52,3	28,2	18,4	16,49:1,96	8,43	0,83±0,02

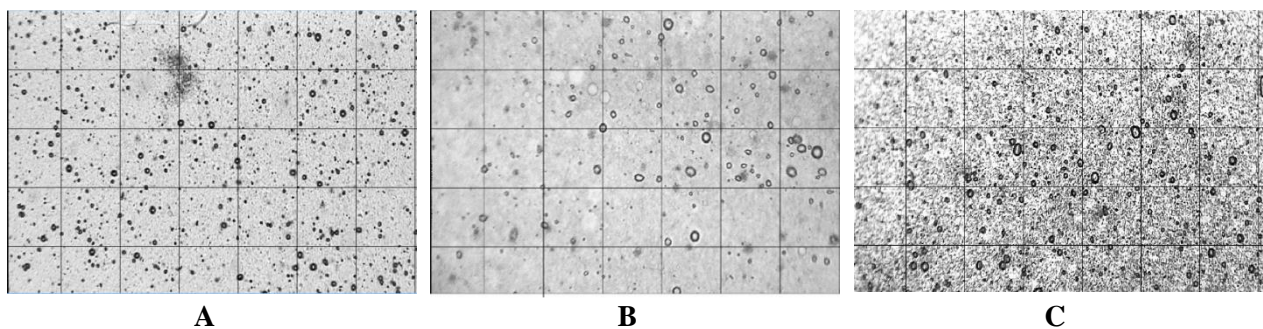
Analizând coeficientul de termostabilitate a spread-urilor cu 20% și 30% ulei de nucă din grăsimile totale (tabelul 9), observăm că valorile acestuia scad odată cu creșterea concentrației uleiului de nucă în compoziția produsului, dar se mențin în limite satisfăcătoare (0,78...0,83). Raportul AGS:AGPNS la probele experimentale variază între 1,8...2,8, ceea ce se potrivește conceptului „grăsime echilibrată”, unde AGS : AGPNS = 3...4 : 1...2 [23, 24].

Astfel, prin realizarea procedurii de producere a spread-urilor pe baza amestecului de emulsii cu un conținut de grăsime de până la 40% (figura 12), pot fi obținute produse finite, conținutul AGPNS al cărora constituie 15...30% din totalul acizilor grași (tabelul 10).

**Tab.10. Caracteristicile spread-urilor obținute pe baza amestecului de emulsii cu un conținut de grăsime de până la 40%**

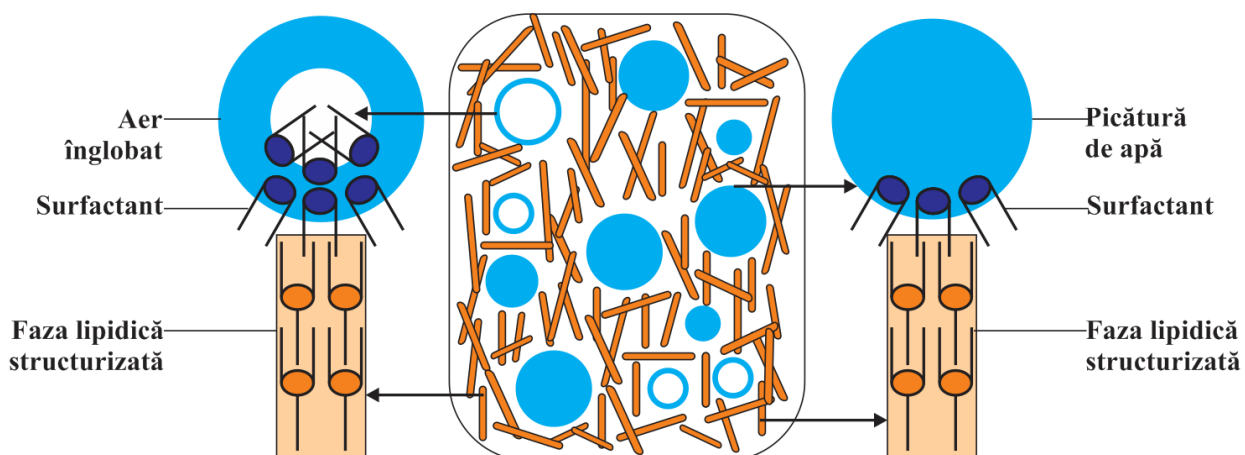
Nr. d/o	Caracteristicile	Valorile pentru spread-urile cu ulei de nucă
1	Grăsimi, % care include	71...74
	acizi grași polinesaturați, %	15...30
	raportul $\omega 3$ și $\omega 6$	5...10
2	Apă, %	23... 27
3	Proteine, %	<1
4	Glucide, %	<1,5
6	Temperatura de topire, °C	30...32
7	Coeficientul de termostabilitate	0,80 ± 0,05
9	Gust și miros	de smântână dulce cu gust remanent plăcut de ulei de nucă
10	Consistență (la 12±2°C)	compactă, plastică, omogenă, cu suprafață lucioasă în secțiune
11	Culoare	galben-pai, uniformă în toată masa produsului

Spread-ul cu 20% ulei de nucă din grăsimile totale obținut pe baza amestecului de emulsii cu un conținut de grăsime de până la 40% a fost analizat cu ajutorul microscopului pentru a determina cum contribuie prezența și modul de încorporare a lipidelor uleiului de nucă asupra structurii produsului (figura 13). Pentru a stabili polaritatea fazelor spread-urilor, în diferite etape de pregătire a probelor au fost adăugați colorantul hidrosolubil (polar) albastru de metilen și colorantul liposolubil (non-polar) sudan III.



**Fig.13. Imaginile spread-ului cu 20% de ulei de nucă la microscopul Motic cu dimensiunile unei celule 100x100  $\mu\text{m}$ , unde pentru analiză au fost aplicați diferiți coloranți: A) sudan III, B) albastru de metilen, C) sudan III și albastru de metilen.**

Imaginile microstructurii spread-urilor cu ulei de nucă (figura 13) demonstrează că produsul elaborat reprezintă o emulsie în care picăturile de apă și aerul înglobat sunt dispersate în faza lipidică continuă structurizată (figura 14). Dimensiunile picăturilor de apă sunt cuprinse între 7 și 13  $\mu\text{m}$ , fiind uniform dispersate în faza lipidică. Aceasta confirmă că, în urma procesului de batere a amestecului de emulsii cu un conținut de lipide de până la 40%, a avut loc nu doar creșterea viscozității compoziției datorită aglomerării globulelor lipidice, ci și inversia fazelor produsului [12].






**Fig.14. Reprezentarea schematică a microstructurii spread-urilor cu ulei de nucă: partea polară (●) și nepolară (—)**

Potrivit datelor din punctul 3.2, îmbogățirea compoziției spread-urilor cu extracte de antioxidanți naturali de  $\beta$ -caroten și clorofilă „a” contribuie la încetinirea procesului de degradare oxidativă a acizilor grași polinesaturați din ulei de nucă. În același timp, pe lângă efectul antioxidant, extractele respective manifestă proprietăți de coloranți, ceea ce poate influența negativ asupra aspectului produsului finit, cauzând apariția unei culori intense nenaturale.

Intensitatea de culoare a probelor de spread obținute pe baza amestecului de emulsii cu un conținut de grăsime de până la 40% a fost studiată prin metoda CIELab (tabelul 11),  $\beta$ -carotenul fiind ales ca pigmentul de bază pentru analiză datorită faptului că este mai compatibil cu culoarea tradițională a spread-ului decât pigmentul verde al *a*-clorofilei.

**Tab.11. Determinarea intensității de culoare a spread-urilor prin metoda CIELab**

Probele de spread-uri	Unt	Spread-ul cu 20% ulei de nucă	Spread-ul cu $\beta$ -caroten
			
$\Delta E$	0 (martor)	5,3	18,1

Conform datelor din tabelul 11, extractul lipidic de  $\beta$ -caroten în concentrație de 23,1 mg/ kg produs intensifică colorarea spread-ului de 3-4 ori mai mult decât uleiul de nucă pur. Micșorarea concentrației de carotenoide în compoziția spread-ului nu este relevantă din punct de vedere al asigurării stabilității antioxidante a produsului. Din acest motiv, urmează verificarea influenței prezenței antioxidanților sintetici asupra duratei de valabilitate a spread-urilor.

#### 4.4. Aprecierea stabilității și duratei de valabilitate a spread-urilor

În scopul determinării influenței conținutului sporit de AGPNS asupra stabilității produsului au fost pregătite două serii de probe ale spread-ului cu 20% de ulei de nucă din grăsimi totale, una dintre care a fost stabilizată suplimentar cu 250 mg/kg de antioxidant acid L-ascorbic 6-palmitate [7]. Probele obținute au fost ambalate în folii de aluminiu, câte 10-40 g fiecare, și depozitate la regimuri de temperaturi  $t = (3\pm 2)^{\circ}\text{C}$  și  $t = - (6\pm 3)^{\circ}\text{C}$ . Durata de valabilitate a spread-urilor cu ulei de nucă a fost determinată în funcție de stabilitatea fizico-chimică, structurală, organoleptică și microbiologică a produsului.

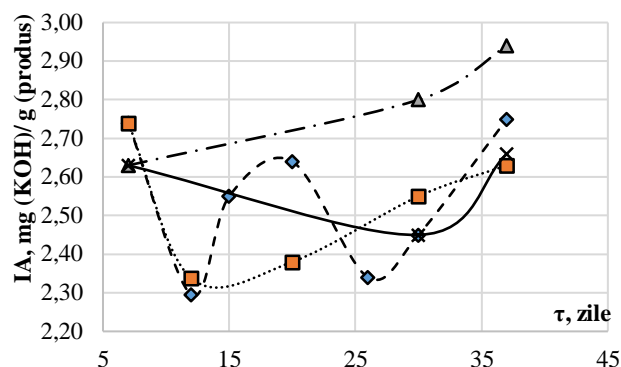
Analiza figurii 15 demonstrează că spread-urile obținute sunt stabile față de degradarea oxidativă în termen de până la 40 zile. Curba de formare a produselor de oxidare este mai evidentă la probele fără adaos de antioxidanți (figura 15 – B, C), ceea ce poate însemna că viteza de acumulare a peroxizilor și transformarea lor în produse secundare de oxidare este mai mare în probele pure. De asemenea, s-a stabilit că modificările proprietăților fizico-chimice ale spread-urilor păstrate la  $t = (3\pm 2)^{\circ}\text{C}$  sunt mai mult vizibile decât la cele păstrate la  $t = - (6\pm 3)^{\circ}\text{C}$ , dar, totuși, nu sunt critice pentru calitatea produselor finite.



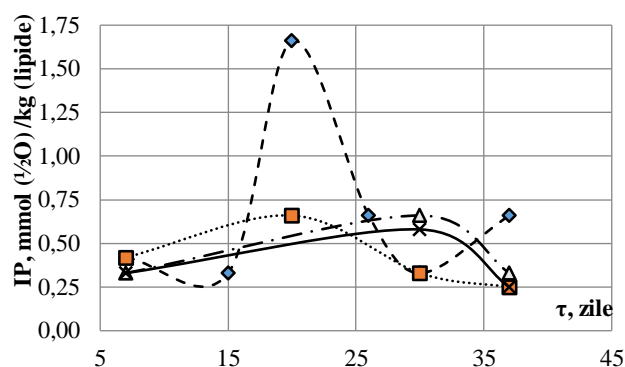
Modificările proprietăților senzoriale ale spread-urilor manifestate prin scăderea plasticității produselor au fost constatate împreună cu apariția primelor semne de coalescență a picăturilor de apă (figura 16). Ecremarea fazei lipidice s-a manifestat peste 30 zile de păstrare a spread-urilor la  $t = (3 \pm 2)^\circ\text{C}$  și peste 37 zile de păstrare la  $t = -(6 \pm 3)^\circ\text{C}$ .

Adică, luând în considerație datele obținute prin evaluarea dinamică a modificărilor fizico-chimice, care a avut loc în probele de spread (figura 15), concluzionăm că regimul de temperatură influențează mai mult asupra stabilității proprietăților organoleptice și structurale ale spread-urilor decât asupra vitezei de degradare oxidativă a lor.

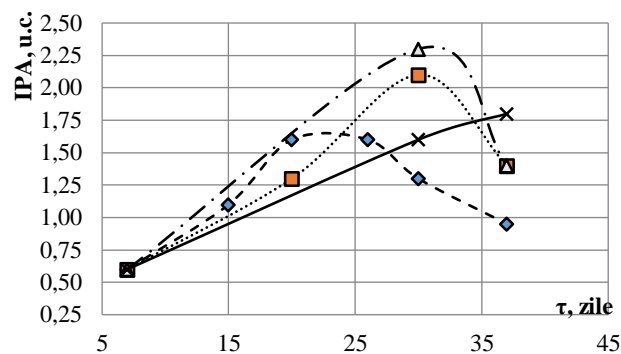
Evaluarea dinamică a stabilității microbiologice a spread-urilor a fost realizată pentru probele cu masa  $10,0 \pm 0,5$  g. În produsele păstrate la temperatura  $t = (3 \pm 2)^\circ\text{C}$  a fost depistată depășirea limitelor admisibile de numărul de microorganisme mezofile aerobe și facultativ anaerobe după 10 zile de la începutul experimentului, în timp ce spread-urile păstrate la temperatura  $t = -(6 \pm 3)^\circ\text{C}$  au fost recunoscute inofensibile în termen de până la o lună (figura 17). Bazându-ne pe faptul că analiza a fost efectuată pentru probele cu masa a câte  $10,0 \pm 0,5$  g fiecare, tragem concluzia că timpul până la apariția riscului microbiologic, respectiv, durata de valabilitate a spread-urilor într-un ambalaj de consum (50-1000g) poate fi mai mare de cel puțin 2 ori [25].



A) Dinamica indicelui de aciditate (IA) a spread-urilor, limita maximum admisibilă (LMA)=3,5



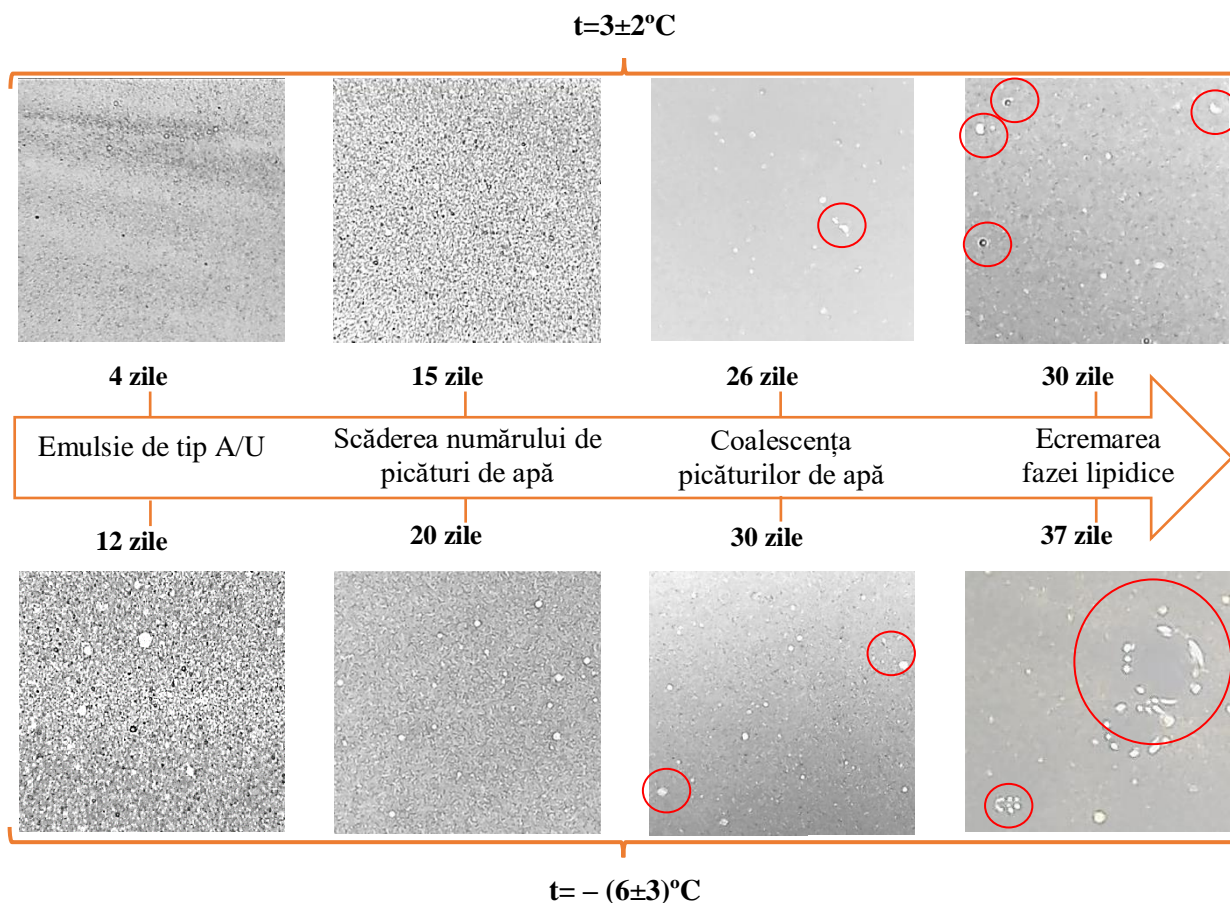
B) Dinamica indicelui de peroxid (IP) a fazei lipidice separate din spread-uri, LMA = 10



C) Dinamica indicelui de p-anizidină (IPA) a fazei lipidice separate din spread-uri, LMA = 3

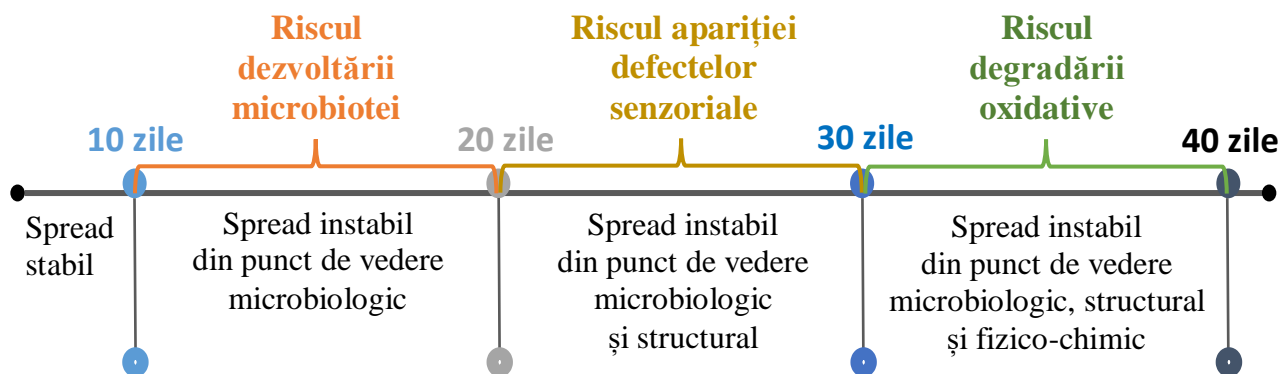
**Fig.15. Evaluarea stabilității spread-urilor față de degradarea oxidativă:**

- ◆— spread,  $t = (3 \pm 2)^\circ\text{C}$
- ▲— spread + antioxidant,  $t = (3 \pm 2)^\circ\text{C}$
- spread,  $t = -(6 \pm 3)^\circ\text{C}$
- ×— spread + antioxidant,  $t = -(6 \pm 3)^\circ\text{C}$



**Fig.16. Microstructura în dinamică a spread-ului cu ulei de nucă**

Criteriul principal în determinarea termenului de valabilitate a spread-urilor, obținute pe baza procedurii nou elaborate, este viteza de dezvoltare a microbiotei produsului (figura 17). Adică, în pofida așteptărilor, riscul principal la păstrarea compozițiilor lipidice bazate pe amestecul de emulsii de proveniență animalieră și vegetală nu constă în instabilitatea la oxidare caracteristică uleiului de nucă, dar în influența factorilor microbiologici și tehnologici, cauzați de prezența produselor lactate în compoziția spread-urilor și a unui conținut înalt de apă [31].



**Fig.17. Schema apariției riscurilor fizico-chimice, structurale și microbiologice care influențează termenul de valabilitate a spread-urilor cu ulei de nucă păstrate la temperatura  $t = (3 \pm 2)^\circ\text{C}$**

## CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI

Cercetările teoretice și experimentale efectuate în cadrul tezei au condus la formularea următoarelor **concluzii**:

1. Pentru prima dată a fost argumentat științific principiul tehnologic de prevenire a degradării oxidative a acizilor grași polinesaturați ai uleiului de nucă prin formarea compozițiilor de tip emulsii A/U cu acizii grași saturați ai lipidelor produselor lactate.

2. S-a determinat că compoziția lipidelor formată din *ulei de nucă : grăsime lactată*, în raportul 1 : 4, reprezintă baza texturii omogene și stabile a produsului lipidic de tip spread.

3. S-a stabilit că blocarea procesului de oxidare a acizilor grași polinesaturați ai uleiului de nucă în prezența antioxidanților depinde de activitatea lor exprimată în următoarea serie: DL- $\alpha$ -Tocoferol (E 307) < Ascorbil Palmitat (E 304) < Octil Gallat (E 311).

4. Prin cercetări teoretice și experimentale s-a demonstrat că procesarea amestecului de grăsime lactată și lipide vegetale sub formă de emulsie U/A în emulsie A/U prin procesul de batere oferă produselor finite proprietăți fizico-chimice și nutritive caracteristice alimentelor de tip spread.

5. S-a determinat că spread-urile cu ulei de nucă obținute au structura asemănătoare untului, temperatura de topire 30...32°C, coeficientul de termostabilitate  $0,85 \pm 0,05$ , consistența compactă, plastică și omogenă, culoarea uniformă de galben-pai și gust de smântână dulce cu nuanță remanentă plăcută de ulei de nucă, iar conținutul în acizi grași polinesaturați  $\omega_3$  și  $\omega_6$  este de până la 8 ori mai ridicat față de untul clasic.

6. S-a stabilit că printre factorii care determină durata de valabilitate a spread-urilor cu ulei de nucă, și anume, modificările fizico-chimice, senzoriale și microbiologice, cel mai semnificativ risc îl reprezintă alterarea microbiologică a produsului. S-a determinat că termenul recomandat de păstrare a spread-urilor la temperatura (3 $\pm$ 2)°C este de până la 10 zile și la temperatura (-6 $\pm$ 3)°C de până la 30 zile.

7. A fost elaborat și brevetat procedeul de obținere a spread-urilor pe bază de smântână dulce și ulei de nucă cu un conținut ridicat de acizi grași polinesaturați  $\omega_3$  și  $\omega_6$ , cuprins în intervalul 19...46% din conținutul total de grăsimi.

### Recomandări:

- Spread-urile cu ulei de nucă prevăzute să fie păstrate un termen mai mare de o lună la temperatura (3 $\pm$ 2)°C se recomandă a fi suplimentate cu 250 mg/kg antioxidant acid L-ascorbic 6-palmitate.

- Fabricarea industrială a spread-urilor poate fi realizată pe liniile tehnologice de fabricație a untului, luând în considerație ca condițiile igienice, asamblarea liniilor tehnologice să corespundă tehnologiei de obținere a spread-urilor.

- Se prevede elaborarea Regulamentului tehnologic de obținere a spread-urilor adaptat la condițiile tehnice ale liniei tehnologice de procesare a untului.

## BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

1. TATAROV, Pavel. *Chimia produselor alimentare*. Chișinău: MS Logo, 2017. – 450p. ISBN 978-9975-4264-2-8
2. *Uniunea Asociațiilor Producătorilor de Culturi Nucifere din RM*. ©2006 UAPCN. [citată 10.12.2018] Disponibil: <http://www.asociatianuciferilor.moldagro.md/>
3. Hotărârea Guvernului Republicii Moldova cu privire la unele măsuri de sporire a producției de culturi nucifere: nr. 8 din 03 ianuarie 2006. In: *Monitorul Oficial al Republicii Moldova*. 2006, nr. 5-6, art 38.
4. WHITNEY, E., ROLFES, S.R. *Understanding Nutrition*. 11th Ed, California: Thomson Wadsworth, 2008, – pp.154. ISBN-13: 9781135838676
5. Hotărârea Guvernului Republicii Moldova cu privire la aprobarea Reglementării tehnice: „Uleiuri vegetale comestibile”: nr.434 din 27 mai 2010. In: *Monitorul Oficial al Republicii Moldova*. 2010, nr. 87-90, art 510.
6. Hotărârea Guvernului Republicii Moldova cu privire la aprobarea Reglementării tehnice: „Produse pe baza de grăsimi vegetale”: nr. 16 din 19 ianuarie 2009. In: *Monitorul Oficial al Republicii Moldova*. 2009, nr. 16-18, art 51.
7. Hotărârea Guvernului Republicii Moldova pentru aprobarea Regulamentului sanitar privind aditivii alimentari: nr. 229 din 29.03.2013. In: *Monitorul Oficial al Republicii Moldova*. 2013, nr. 69-74, art 283.
8. Hotărârea Guvernului Republicii Moldova cu privire la aprobarea Metodologiei de analiză și evaluare calitativă a laptelui și a produselor lactate : nr. 1459 din 30.12.2016. In: *Monitorul Oficial al Republicii Moldova*. 2017, nr. 50-59, art 115.
9. BOX, G., HUNTER, J.S., HUNTER, W.G. *Statistics for Experimenters: Design, Innovation, and Discovery*. Wiley-Interscience; 2nd edition, 2005. ISBN-13: 978-0471718130
10. KORNEEV, V.V., GAREEV, A.F., VASIUTIN, S.V. *Intellektual'naya obrabotka informacii*. {*Intelligent information processing*}. Moscow: Ph Molaceva S.V., 2001, – 494 p. – in Russian
11. LABUCKAS, D., MAESTRI, D., LAMARQUE, A. Effect of different oil extraction methods on proximate composition and protein characteristics of walnut (*Juglans regia L.*) flour. In: *J. of Food Science & Technology*, 59, 1, 2014, – pp. 794-799. ISSN: 2472-6419
12. RADU, O. Peculiarities of walnut oil state in some food emulsions. *Journal of Engineering Science*. VOL. XXVII, no. 1, 2020, – pp. 69 - 74. pISSN 2587-3474
13. CODEX-STAN 19 – 1981. *Codex standard for edible fats and oils not covered by individual standards*. Amendment, 2013.
14. TATAROV, P. Physicochemical changes of walnut oil (*Juglans Regia L.*). In: *Proceedings of International Conference “Modern Technologies, in the Food Industry”*, Vol.2, Chisinau, 2012, – pp.193-198. ISBN: 978-9975-80-645-6
15. NECIAEV A.P., TRAUBENBERG S.E., KOCETCOVA A.A. *Pishchevaya himiya*. {*Food chemistry*}. St. Petersburg: Ghiord, 2007, – 640 p. ISBN 5-98879-011-9. – in Russian
16. RADU, O. Formirovanie perekisnyh soedinenij v masle greckogo orekha (*Juglans Regia L.*) v prisutstvii oktilgallata i vody. {The formation of peroxide compounds in walnut oil (*Juglans regia L.*) in the presence of octyl gallate and water} In: *International scientific and practical internet-conference „Biotechnology: experience, traditions and innovations”*, December 14-15, Kyiv, 2016, pp. 177-181 – in Russian

17. *Oxidation stability of oils and fats – Rancimat method*. Metrohm, Application Bulletin 204/2e. © Metrohm AG 2010 – 2019 [citat 03.05.2018]. Disponibil: <https://www.metrohm.com/en>
18. GOST 31647-2012. *Refined deodorized palm oil for food industry. General specifications*. Date of introduction: July 1, 2013. M: Standartinform, 2013, – 20 p.
19. ZAMAN, W., ISSARA, U., FEBRIANTO, N. Fatty acid composition, rheological properties and crystal formation of rambutan fat and cocoa butter. In: *International Food Research Journal*, Volume 21, Issue 3, 2014, – pp.1019-1023. ISSN 2231-7546
20. GOST R 52179-2003 *Margarines, cooking fats, fats for confectionery, baking and dairy industry. Sampling rules and methods of control*. Date of introduction: January 1, 2005. M: Standartinform, 2010.
21. Codex Alimentarius. *Codex standard for named vegetable oils*. CX-STAN 210 – 1999. FAO and WHO, 2001, Vol.8, – p.11-25.
22. **RADU O.** The study of walnut oil (*Juglans regia* L.) oxidative stabilization by saturated fatty acids. In: *Proceedings of International Conference “Modern Technologies, in the Food Industry”*, October 18-20, Chisinau, 2018, – pp.272-275. ISBN 978-9975-87-428-1
23. LOSEVA, A. *Razrabotka i issledovanie tekhnologii slivochno-rastitel'nogo spreda s antioksidantnymi svojstvami*. {*Development and research of the technology of creamy vegetable spread with antioxidant properties*}. PhD thesis in technique. Kemerovo, 2006. – in Russian
24. TERESHIUK, L.V., MAMONTOV, A.S., CRAEVA, C.V., SUBBOTINA, M.A. Optimizaciya sostava zhirovyh kompozicij dlya spredov. {*The optimization of spreads lipid compositions*}. In: *Technics and technology of food production*, No. 4. 2014, – pp. 63-71. ISSN 2074-9414. – in Russian
25. GOST 32261-2013. *Butter. Specifications*. Date of introduction: July 1, 2005. M: Standartinform, 2015.
26. LESHUKOV, K., KLIMOV, K., KUPRINA, O. Technology for butter enriched by polyunsaturated fatty acids. In: *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*, No. 3 (3), 2012, – pp. 33-37. ISSN 2226-1184
27. GOST R 52100-2003. *Spreads and melted blends. General specifications*. Date of introduction: July 1, 2004. M: Standartinform, 2008. – 23 p.
28. MAMONTOV, A. *Razrabotka molochno-zhirovyh kompozicij dlya spredov iz ustojchivogo k okisleniyu v processe transportirovki syr'ya*. {*The development of dairy-fat compositions for spreads resistant to oxidation during the transportation of raw materials*}. PhD thesis in technique. Ulan-Ude, 2016. – in Russian
29. **RADU, O.** Lecithin impact on the texture of emulsions based on walnut oil. In: *International scientific d practical internet-conference «Biotechnology: experience, traditions and innovations»*, Nov. 15, Kiev: NUFT, 2018, – pp. 73.
30. **RADU, O., POPESCU, L., TATAROV P., BAERLE, A.** Procedeu de obținere a amestecului de grăsimi tartinabile pe bază de smântână dulce. Brevet de invenție, nr. 1281. Data publicării hotărârii de acordare a brevetului 2018.09.30. BOPI nr. 9/2018
31. **RADU, O., POPESCU, L., TATAROV P., BAERLE, A.** Factors that determine the shelf life of a butter-like spread based on walnut oil. In: *Journal of Engineering Science*. Vol. XXVI, no. 3, 2019, – pp. 119 - 124. pISSN 2587-3474

## LISTA PUBLICAȚIILOR AUTORULUI LA TEMA TEZEI

### 1. Articole în reviste științifice

- **RADU, O.** Peculiarities of walnut oil state in some food emulsions. In: *Journal of Engineering Science*. Vol. XXVII, № 1, 2020, pp. 69 - 74. ISSN 2587-3474.
- **RADU, O.,** POPESCU, L., TATAROV P., BAERLE, A. Factors that determine the shelf life of a butter-like spread based on walnut oil. In: *Journal of Engineering Science*. Vol. XXVI, № 3, 2019, pp. 119 - 124. ISSN 2587-3474.
- 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. In: *Ukrainian Food Journal*, Volume 8, Issue 4, 2019, pp. 815-827. ISSN 2304-974X
- BAERLE, A., POPOVICI, C., **RADU, O.,** TATAROV, P. Effect of synthetic antioxidants on the oxidative stability of cold pressed walnut oil. In: *Journal of Food and Packaging Science, Technique and Technologies*. Year V, № 9, Plovdiv, 2016, pp. 19-25. ISSN 1314-7773

### 2. Articole în culegeri științifice ale conferințelor internaționale

- **RADU, O.** The study of walnut oil (*Juglans regia L.*) oxidative stabilization by saturated fatty acids. In: *Proceedings of International Conference 'Modern Technologies in the Food Industry'*, October 18-20, Chisinau, 2018, pp. 272-275. ISBN 978-9975-87-428-1
- **RADU, O.,** BAERLE, A., TATAROV, P., POPOVICI, C. Aggregative stability of emulsions containing walnut oil. In: *Proceedings of International Conference 'Modern Technologies in the Food Industry'*, October 18-20, Chisinau, 2018, pp. 230-231. ISBN 978-9975-87-428-1
- **RADU, O.** Lecithin impact on the texture of emulsions based on walnut oil. In: *International scientific and practical internet-conference «Biotechnology: experience, traditions and innovations»*, November 15, Kyiv: NUFT, 2018, pp. 74
- **RADU, O.,** DIMOVA, O., POPOVICI, C., BAERLE, A. Carotene stability in the oil composition based on walnut oil (*Juglans regia L.*) In: *International scientific conference of young scientist and students*, April 5-6, Kyiv, 2017, pp. 393
- **RADU, O.** Formirovanie perekisnyh soedinenij v masle greckogo orekha (*Juglans Regia L.*) v prisutstvii oktilgallata i vody. {The formation of peroxide compounds in walnut oil (*Juglans regia L.*) in the presence of octyl gallate and water} In: *International scientific and practical internet-conference «Biotechnology: experience, traditions and innovations»*, December 14-15, Kyiv, 2016, pp. 177-181
- **RADU, O.,** ROȘCA, I. Ocenka podlinnosti i kachestva masla greckogo orekha metodom infrakrasnoj spektroskopii. {The evaluation of the authenticity and quality of walnut oil by the method of infrared spectroscopy} In: *International scientific conference of young scientist and students*, April 28-29, Mogilev, 2016, pp. 238. ISBN 978-985-6985-60-0
- POPOVICI, C., BAERLE, A., **RADU, O.,** TATAROV, P. Radical Scavenging Capacity of Walnut Oil: Effect of some Antioxidants on Storage Period. In: *International scientific conference of young scientist and students*, April 13-14, Kyiv, NUFT, Part I, 2016, pp. 339

- **RADU, O.**, FUIOR, A., CAPCANARI, T. The study of biological and nutritional potential of walnut oil. In: *International scientific conference of young scientist and students*, April 15-16, Kyiv, 2013, Part II, pp. 472-473. ISBN 978-9975-45-065-2
- SANDULACHI, E., **RADU, O.**, FUIOR, A. Estimation of apical necrosis in *Juglans regia L.* walnuts harvested in Moldova. In: *Proceedings of International Conference 'Modern Technologies in the Food Industry'*, November 1-3, Chisinau, 2012, Part II, pp. 295-300. ISBN 978-9975-80-646-6

### 3. Articole în culegeri științifice ale conferințelor naționale

- **RADU, O.** The statistical analysis of walnuts lot quality. In: *Technical - Scientific Conference of Collaborators, Doctoral Students and Students, Technical University of Moldova*, March 26-29, 2019. Chisinau, 2019, Part I, pp. 511-512. ISBN 978-9975-45-587-9
- **RADU, O.**, BAERLE, A., ROȘCA, I. Particularitățile spectrale ale uleiurilor vegetale fortificate cu substanțe biologice active naturale. {Spectral particularities of vegetable oils fortified with natural biologically active substances} In: *Technical - Scientific Conference of Collaborators, Doctoral Students and Students, dedicated to the 50th Anniversary of T.U.M.*, October 20-21, Chisinau, 2014, Part II, pp. 73-76. ISBN 978-9975-45-382-0
- **RADU, O.**, MIJA, N. Tehnici de determinare a lecitinei din gălbenuș de ouă, utilizarea tehnologică a lecitinei. {Techniques for the determination of egg yolk lecithin, the technological use of lecithin} In: *Technical - Scientific Conference of Collaborators, Doctoral Students and Students*, November 15-23, Chisinau, 2013, Part II, pp. 61-64. ISBN 978-9975-45-312-7
- **RADU O.**, CAPCANARI T. Uleiul din semințe de struguri – produs de perspectivă în fabricarea alimentelor funcționale. {Grape seed oil – a perspective product in the production of functional foods}. In: *Technical - Scientific Conference of Students and Doctoral Students*, November 15-17, Chisinau, 2012, Part II, pp. 99-102. ISBN 978-9975-45-251-9
- FUIOR, A., SANDULACHI, E., **RADU, O.** Incidența microbiană a nucilor *Junglas regia L.* {The microbial incidence of *Junglas regia L.* walnuts}. In: *Technical - Scientific Conference of Students and Doctoral Students*, November 15-17, Chisinau, 2012, Part II, pp. 67-68. ISBN 978-9975-45-251-9
- **RADU O.**, SANDULACHI E., FUIOR A. Microorganisme izolate din nucile (*Juglans regia L.*) recoltate de pe sol. {Microorganisms isolated from nuts (*Juglans Regia L.*) harvested from the ground}. In: *Technical - Scientific Conference of Students and Doctoral Students*, November 15-17, Chisinau, 2012, Part II, pp. 69-70. ISBN 978-9975-45-251-9

### 4. Brevete de invenții și alte obiecte de proprietate intelectuală

- **RADU, O.**, POPESCU, L., TATAROV P., BAERLE, A. *Procedeu de obținere a amestecului de grăsimi tartinabile pe bază de smântână dulce.* Brevet de invenție, nr. 1281. Data publicării hotărârii de acordare a brevetului 2018.09.30. BOPI nr. 9/2018

## ADNOTARE

**Radu Oxana:** Compoziții alimentare pe baza uleiului de nucă (*Juglans regia L.*) rezistente la degradări oxidative, teză de doctor în științe tehnice, Chișinău, 2020.

**Structura tezei:** teza constă din introducere, 4 capitole, concluzii și recomandări, bibliografie cu 233 titluri, 7 anexe. Textul de bază conține 103 pagini, inclusiv 50 de figuri și 57 de tabele.

**Cuvinte-cheie:** acizi grași polinesaturați, antioxidanți, grăsime lactată, emulsii alimentare, spread.

**Scopul lucrării:** realizarea cercetărilor teoretice și experimentale privind elaborarea compozițiilor alimentare de tip emulsii A/U pe bază de ulei de nucă, asigurând stabilitatea și valoarea biologică ridicată a produsului finit.

**Obiectivele lucrării:** determinarea căilor posibile de prevenire a degradării oxidative a acizilor grași polinesaturați ai uleiului de nucă în mediile alimentare; studiul influenței aciziilor grași nesaturați și saturați asupra stabilității și texturii compozițiilor alimentare cu ulei de nucă; analiza impactului antioxidanților asupra prevenirii degradării oxidative a acizilor grași polinesaturați ai uleiului de nucă; elaborarea compoziției și tehnologiei de obținere a alimentelor noi sub formă de emulsii A/U, de tipul *spread*, pe baza produselor lactate și uleiului de nucă; aprecierea valorii nutritive și proprietăților fizico-chimice ale spread-urilor cu ulei de nucă; stabilirea termenului de valabilitate și duratei de păstrare a produsului finit.

**Noutatea și originalitatea științifică:** pentru prima dată a fost argumentată științific și demonstrată experimental posibilitatea prevenirii degradării oxidative a acizilor grași polinesaturați ai uleiului de nucă în compozițiile alimentare prin combinarea lipidelor uleiului de nucă și grăsimilor lactate sub formă de emulsii.

**Problema științifică soluționată:** stabilirea celor mai importante proprietăți fizico-chimice, nutritive și tehnologice ale compozițiilor pe bază de ulei de nucă și identificarea condițiilor optime și eficiente de procesare tehnologică și de utilizare a acestora.

**Semnificația teoretică:** perfectarea metodelor de cercetare a calității uleiului de nucă, obținerea rezultatelor științifice care demonstrează posibilitatea de stabilizare a compozițiilor lipidice cu un conținut înalt de acizi grași polinesaturați și formarea pe baza acestora a unor produse alimentare funcționale.

**Valoarea aplicativă a lucrării:** a fost argumentată metodologia de utilizare a uleiului de nucă la obținerea diferitor produse alimentare cu un conținut ridicat de acizi grași polinesaturați, în special în compoziții alimentare sub formă de emulsii.

**Implementarea rezultatelor științifice:** publicații în reviste, culegeri ale simpozioanelor, discutarea rezultatelor în cadrul dezbaterilor la conferințele științifice naționale și internaționale (19 lucrări științifice); brevetul de invenție nr.1281 „Procedeu de obținere a amestecului de grăsimi tartinabile pe bază de smântână dulce”.



## АННОТАЦИЯ

**Раду Оксана:** Пищевые композиции на основе масла грецкого ореха (*Juglans regia L.*), устойчивые к окислительной деградации, диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук, Кишинэу, 2020.

**Структура диссертации:** диссертация состоит из введения, 4 глав, выводов и рекомендаций, списка литературы из 233 ссылок, 7 приложений. Работа изложена на 103 страницах, включая 50 рисунков и 57 таблиц.

**Ключевые слова:** полиненасыщенные жирные кислоты, антиоксиданты, молочный жир, пищевые эмульсии, спред.

**Цель работы:** проведение теоретических и экспериментальных исследований для разработки пищевых композиций типа эмульсии В/М на основе масла грецкого ореха, обеспечивая стабильность и высокую биологическую ценность конечного продукта.

**Задачи работы:** определение возможных способов предотвращения окислительной деградации полиненасыщенных жирных кислот масла грецкого ореха в составе пищевых продуктов; изучение воздействия ненасыщенных и насыщенных жирных кислот на стабильность и текстуру пищевых композиций с маслом грецкого ореха; анализ влияния антиоксидантов на предотвращение окислительной деградации полиненасыщенных жирных кислот в масле грецкого ореха; разработка состава и технологии получения новых продуктов питания в виде эмульсий В/М, типа *спред*, на основе молочных продуктов и масла грецкого ореха; оценка пищевой ценности и физико-химических свойств спредов с маслом грецкого ореха; установление срока годности и оптимального периода хранения конечного продукта.

**Научная новизна:** впервые была научно аргументирована и экспериментально продемонстрирована возможность предотвращения окислительной деградации полиненасыщенных жирных кислот масла грецкого ореха в составе пищевых композиций путем комбинирования липидов масла грецкого ореха и молочных жиров в виде эмульсий.

**Научная проблема, решенная в исследовании:** определение важнейших физико-химических, питательных и технологических свойств композиций на основе масла грецкого ореха и выявление оптимальных и эффективных условий их технологической обработки и использования.

**Теоретическая значимость:** совершенствование методов исследования качества масла грецкого ореха, получение научных результатов, демонстрирующих возможность стабилизации липидных композиций с высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот и формирования на их основе функциональных пищевых продуктов.

**Практическая значимость работы:** была аргументирована методология использования масла грецкого ореха для получения различных продуктов питания с высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот, особенно в пищевых композициях в виде эмульсий.

**Внедрение научных результатов:** публикации в журналах и сборниках симпозиумов, обсуждение результатов в рамках дискуссий на национальных и международных научных конференциях (19 научных работ); патент № 1281 «Способ получения спреда на основе сладких сливок».

## ANNOTATION

**Radu Oxana:** Food compositions based on walnut oil (*Juglans regia L.*) resistant to oxidative degradation, Ph.D. thesis in technology, Chisinau, 2020.

**Thesis structure:** The thesis consists of an introduction, 4 chapters, general conclusions and recommendations, bibliography from 233 titles, 7 appendices. The basic text includes 103 pages, 50 figures, and 57 tables.

**Keywords:** polyunsaturated fatty acids, antioxidants, dairy fats, food emulsions, spread.

**The purpose of the work:** the realization of theoretical and experimental research in order to elaborate food compositions of W/O emulsions type based on walnut oil, ensuring the stability and high biological value of final product.

**Objectives:** the determination of possible ways to prevent the oxidative degradation of walnut oil polyunsaturated fatty acids in food compositions; the influence evaluation of saturated and unsaturated fatty acids on the stability and texture of food compositions with walnut oil; the analysis of antioxidants impact on the prevention of oxidative degradation of polyunsaturated fatty acids in walnut oil; the elaboration of composition and technology for obtaining new foods in the form of W/O emulsion, as *spread*, based on dairy products and walnut oil; the evaluation of nutritional value and physicochemical properties of spreads with walnut oil; the establishment of shelf life and optimal storage period of final product.

**Scientific novelty:** for the first time, it was scientifically argued and experimentally demonstrated the possibility of the prevention of oxidative degradation of walnut oil polyunsaturated fatty acids in food compositions by the combination of walnut oil lipids and dairy fats in the form of emulsions.

**Solved scientific problem:** the determination of the most important physicochemical, nutritional and technological properties of compositions based on walnut oil and the identification of optimal and efficient conditions for their technological processing and use.

**Theoretical significance:** the improvement of research methods of walnut oil quality, the obtaining of scientific results that demonstrate the possibility of stabilization of lipid compositions with a high content of polyunsaturated fatty acids and the formation of functional foods based on them.

**Applicative value:** the methodology of walnut oil using for the obtaining of various food products with a high content of polyunsaturated fatty acids, especially in food compositions of emulsion type, was argued.

**Implementation of scientific results:** publications in journals and symposium collections, results discussion within debates on national and international scientific conferences (19 scientific papers); invention patent No. 1281 „The method of obtaining the mix of spreadable fats based on sweet cream”.

**RADU OXANA**

**COMPOZIȚII ALIMENTARE PE BAZA ULEIULUI DE NUCĂ  
(*Juglans regia L.*) REZISTENTE LA DEGRADĂRI OXIDATIVE**

**253.06 - TEHNOLOGII BIOLOGICE ȘI CHIMICE  
ÎN INDUSTRIA ALIMENTARĂ**

Rezumatul tezei de doctor în științe tehnice

---

Aprobat spre tipar: 13.11.2020

Formatul hârtiei 60x84 1/16

Hârtie ofset. Tipar RISO

Tiraj 50 ex.

Coli de tipar: 2,0

Comanda nr. 75

---

UTM, MD 2004, mun. Chișinău, bd. Ștefan cel Mare și Sfânt, nr. 168.

Editura „TEHNICA-UTM”, MD 2045,

mun. Chișinău, str. Studenților 9/9