

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ НА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ОЛІЇ СОНЯШНИКОВОЇ ВИСОКООЛЕЇНОВОГО ТИПУ

Діхтярь А. М., Федак Н. В., Пивоваров Є. П., Степанькова Г. В., Яранцева Є. О.

1. Вступ

В результаті підвищення конкуренції на споживчих ринках важливим завданням для харчової промисловості та закладів ресторанного господарства є інтенсифікація існуючих технологічних процесів, раціональне використання сировини, збільшення асортименту продукції. Це визначає певні вимоги до інгредієнтного складу та технологій харчової продукції. Вищезазначене стосується і виробництва продукції із заварного тіста. У виробництві продукції із заварного тіста процес тістоутворення має істотне значення. Поряд з вагомим впливом борошна на реалізацію технологічного процесу виробництва продукції із заварного тіста, важливими є технологічні властивості жирового компонента. Використання в її складі як жирового компонента масла вершкового, маргаринів, спредів, гідрогенізованих олій унаслідок постійно зростаючої вартості, незадовільного жирнокислотного складу, короткого терміну придатності продукції на їх основі стали обмежуючим фактором, що не задовольняє потреби виробників.

Аналітично встановлено, що у процесі тістоутворення заварного тіста необхідно враховувати технологічні властивості жирового компонента. Але системні дослідження, спрямовані на вивчення його як рецептурного компонента заварного тіста з огляду на фізичні та фізико-хімічні властивості, жирнокислотний склад на процес тістоутворення та споживні властивості готової продукції, відсутні.

Інноваційні підходи у виробництві жирів забезпечують отримання рослинних олій з оптимальним жирнокислотним складом [1]. Шляхом індукції мутацій з корисним біохімічним ефектом виведено гібрид соняшнику з високим вмістом гліцеринів олеїнової кислоти з якого налагоджено виробництво олії соняшnikової високоолеїнового типу (ОСВТ). Олеїнова, мононенасичена жирна кислота – очолює групу жирних кислот родини ω -9, які мають позитивний вплив на обмін холестерину, запобігають захворюваності людей на ішемічну хворобу серця та позитивно впливають на склад ліпопротеїнів у сироватці крові. Це дозволяє позиціонувати її як функціональний компонент харчування. Прогнозовано ОСВТ характеризується високою стійкістю до процесів окиснення, як під час зберігання, так і під впливом термічної обробки.

Із огляду на вищезазначене, обґрунтування використання ОСВТ у технології продукції із заварного тіста є важливим науковим та практичним завданням галузевого значення, вирішення якого дозволить створити наукову основу для технології нової продукції.

2. Об'єкт дослідження та його технологічний аудит

Об'єктом дослідження є ОСВТ за ТУ У 15.4-13304871-007:2006 та (ОСРД) як контроль за ДСТУ 4492:2005.

Відмінна характеристика ОСВТ полягає у зміненому жирнокислотному складі, що має високий вміст гліцеридів олеїнової кислоти понад 89 %.

Характеристика складу та фізико-хімічних показників олій наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Характеристика складу та фізико-хімічних показників олій

Фізико-хімічні показники	Найменування олії	
	ОСВТ	ОСРД (контроль)
Густина ρ , кг/м, за $t=20\pm 2$ °С	915...920	915...918
В'язкість η , Па·с, за $t=20\pm 2$ °С	0,0180 \pm 0,0009	0,0175 \pm 0,0009
Температура застигання t , °С	0...-6	-16...-19
Показник заломлення, за $t=20\pm 2$ °С	1,466...1,468	1,474...1,475
Йодне число, ЙЧ, % I ₂	105 \pm 5	119 \pm 6
Кислотне число, КЧ, мг КОН/г	0,112 \pm 0,003	0,330 \pm 0,009
Пероксидне число, ПЧ, ммоль ½ О/кг	0,83 \pm 0,02	2,00 \pm 0,06
Число омилення, ЧО, мг КОН	184...194	186...194
Тіобарбітурове число, Тб.Ч, мг МА/1000 г, за довжини хвилі $\lambda=535\pm 10$ нм,	0,0100 \pm 0,0003	0,0200 \pm 0,0006
Коефіцієнт екстинції, $E \frac{1\%}{1\text{ см}}$	3,00 \pm 0,09	3,60 \pm 0,10
Вміст насичених жирних кислот, %	7,95 \pm 0,24	10,51 \pm 0,52
Вміст мононенасичених жирних кислот, %	89,5 \pm 2,7	25,58 \pm 1,28
Вміст поліненасичених жирних кислот, %	2,30 \pm 0,07	63,91 \pm 3,19
Загальний вміст токоферолів, мг %	52,5 \pm 2,6	61,1 \pm 3,0

З табл. 1 видно, що ОСВТ має наступні характеристики:

$\rho=915...920$ г/см³; $\eta=0,0180\pm 0,0009$ Па с; $t_{\text{(застигання)}}=0...-6$ °С;

показником заломлення 1,466...1,468; Тб.Ч=0,0100 \pm 0,0003 мг МА/1000 г;

ПЧ=0,83 \pm 0,02 ммоль ½ О/кг; ЧО=184...194 мг КОН;

КЧ=0,112 \pm 0,003 мг КОН/г; ЙЧ=105 \pm 5% I₂; $E \frac{1\%}{1\text{ см}} = 3,00\pm 0,09$.

Жирнокислотний склад ОСВТ, що досліджується, наведений в табл. 2.

Таблиця 2

Жирнокислотний склад олій

Назва олії	Вміст жирних кислот, %							
	пальмітинова C16:0	пальмітолеїнова C16:1	стеаринова C18:0	олеїнова C18:1	лінолев а C18:2	лінолен ова C18:3	ейкозен ова C20:0	бегенов а C22:0
ОСРД	6,83±0,34	0,140± 0,005	3,68± 0,18	25,44± 1,27	62,61± 3,13	0,190± 0,005	0,150± 0,005	0,70± 0,02
ОСВТ	3,93±0,11	0,180± 0,005	2,82± 0,08	89,3± 2,7	2,00± 0,06	0,30± 0,009	0,50± 0,01	0,70± 0,02

Результати дослідження жирнокислотного складу експериментальних зразків олій встановили, що його представлено 10 жирними кислотами, в тому числі:

- пальмітиновою (C16:0);
- пальмітолеїновою (C16:1);
- стеариновою (C18:0);
- олеїновою (C18:1);
- лінолевою (C18:2);
- ліноленою (C18:3);
- арахіновою (C20:0);
- пальмітлінолевою (C16:2);
- бегеновою (C22:0);
- іншими кислотами, сумарний вміст яких не перевищує 2 % і не має вирішального значення для забезпечення якості олії.

Ідентифікаційні показники олій за жирнокислотним складом відрізняються дуже низьким вмістом ліноленою, бегеною та пальмітолеїновою кислот, загальна кількість яких не перевищує 0,7 %.

Одним з найбільш проблемних місць ОСВТ є те, що натуральні олії швидше, ніж тверді жири, окиснюються і продукція має менший термін зберігання.

3. Мета та задачі дослідження

Метою роботи є розробка рекомендацій з використання олії соняшnikової високоолеїнового типу в технології харчових продуктів, зокрема продукції із заварного тіста.

Для досягнення мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Дослідити вплив технологічних чинників на фізико-хімічні та технологічні властивості ОСВТ.
2. Визначити раціональні параметри технологічної обробки ОСВТ.

4. Дослідження існуючих рішень проблеми

Аналітично підтверджено, що реалізація технології продукції із заварного тіста визначається технологічними характеристиками жирового компоненту, що впливає

на реологічні, структурно-механічні та фізико-хімічні властивості готового продукту. Отже, доцільно дослідити поведінку жирового компоненту у технологічному процесі, враховуючи критерії: сировинний; фізіологічний; технологічний.

На сьогодні в технології продукції заварного тіста як жировий компонент використовується: вершкове масло, маргарин, кулінарний жир, кокосова та рапсова олії, гідрогенізовані олії, шортенінги [2–4].

Існуючі технології заварного тіста потребують удосконалення. Начасі, однією з найважливіших вимог до продукції із заварного тіста є високі смакові характеристики, збалансованість за біологічною цінністю, належна якість протягом тривалого терміну зберігання, широкий асортиментний ряд [5]. В даному напрямку було здійснено багато досліджень [2, 6], проте їх системність відсутня.

Авторами [7–9] досліджено вплив жирнокислотного складу, що відрізняються довжиною вуглецевого ланцюга і ступенем насиченості, на комплексоутворення їх білками і крохмальними полісахаридами борошна в модельній системі заварного тіста. Визначено, що ненасичені жирні кислоти ефективніше вступають у взаємодію і зв'язуються білком, причому міцність зв'язування збільшується із зростанням ступеня ненасиченості кислот, що пояснюється реакційною здатністю подвійних зв'язків [10–12]. Взаємодія ліпідів з молекулами крохмальних полісахаридів відбувається шляхом включення ліпідів у спіралі молекул полісахаридів. Параметри утворення і властивості крахмально-ліпідних комплексів досить широко представлено в [2–4, 6]. Утворення комплексів визначається не тільки структурою молекули ліпідів і ступенем їх полімеризації, але і величиною рН середовища і температурою. Зі збільшенням величини рН і температури здатність ліпідів утворювати комплекси з крохмальними полісахаридами збільшується, оскільки водневі зв'язки полісахаридів послаблюються і число глюкозних залишків з дисоційованими гідроксильними групами збільшується. Процес гідротермообробки також сприяє утворенню ліпід-полісахаридних комплексів. В утворенні комплексів бере участь як амілоза, так і амілопектин. Однак амілопектин характеризується значно меншою здатністю утворювати такі комплекси, ніж амілоза [2–4].

Температура плавлення і агрегатний стан жиру суттєво впливає на ступінь пластифікації заварного тіста. Встановлено, що в процесі приготування тіста та його випікання відбувається інтенсивне зв'язування ліпідів – більше 75 % вільних ліпідів, в тому числі 90 % гліко- і фосфоліпідів і 66 % гліцеридів [6, 12, 13].

В технологічному процесі виготовлення продукції із заварного тіста, жири не лише впливають на структурно-механічні властивості тіста, а й визначають тривалість зберігання готових виробів [6]. Вміст жирів у продукції із заварного тіста становить 13,5 %, а термін зберігання даної продукції коливається в широких межах від $(12...72) \times 60^2$ с за $t=0...6$ °С (продукція закладів ресторанного господарства) до 360 діб за $t=-18$ °С (продукція харчової промисловості). Отже, для виробництва продукції із заварного тіста необхідно використовувати жири, які є стійкими до процесів окиснення.

Вчені-дієтологи рекомендують, щоб харчові жирові продукти відповідали наступним вимогам [12–14]:

- мали збалансований жирнокислотний склад;
- містили ненасичені омега-3, омега -6 та омега -9 жирні кислоти;
- мали мінімальний вміст холестерину і трансізомерів жирних кислот.

Дефіцит есенціальних (поліненасичених) жирних кислот та висока собівартість жирів, що використовуються у технології виробів із заварного тіста, спонукають виробника до пошуку альтернативної заміни їх на іншу сировину. Для забезпечення рекомендованого жирнокислотного складу в раціоні людини має бути витримано співвідношення: 1/3 рослинних олій і 2/3 жирів тваринного походження. Це співвідношення може коливатися залежно від групи споживачів: для людей похилого віку воно повинно становити 1:1.

Джерелом есенціальних жирних кислот у виробництві борошняних кондитерських виробів (БКВ), зокрема продукції із заварного тіста, можуть бути рослинні олії. У світовій практиці є певний досвід виробництва БКВ із додаванням олій. Використання олії дозволяє збагатити продукцію ненасиченими жирними кислотами, перш за все незамінними, а також знизити її собівартість за рахунок виключення вершкового масла і маргаринової продукції та залучення сировини вітчизняного походження.

Моніторинг існуючих рецептур показав, що все частіше використовуються технології, де в якості жирових компонентів тіста застосовують шортенінги та інші емульсії типу олія у воді, які покращують структуру тіста і якість готової продукції.

На основі аналізу літературних джерел встановлено, що на якість готової продукції із заварного тіста суттєво впливає жировий рецептурний компонент та параметри технологічного процесу. Теоретичні основи та практичні аспекти розробок вчених [6, 12–16] не носять системний характер і не дозволяють дати науково обґрунтовані рекомендації щодо повної чи часткової заміни жирового компонента. У зв'язку з останнім виникає необхідність до пошуку альтернативної заміни вершкового масла у технології продукції із заварного тіста.

5. Методи дослідження

Про ступінь гідролізу, який протікав в оліях, свідчили показники кислотного числа та числа омилення. Визначення числа омилення (ЧО) олій проводили згідно ГОСТ 5478-64. Визначення кислотного числа (КЧ) олій проводили згідно ГОСТ 5476-80. Сутність методу полягає у розчиненні визначеної маси олії в суміші розчинників з подальшим титруванням існуючих вільних жирних кислот водним або спиртовим розчином гідроксиду калію чи натрію. Показник кислотного числа олії (X_1), мг КОН/г, розраховували за формулою (1).

$$X_1 = \frac{5,611 \cdot K \cdot V}{m}, \quad (1)$$

де 5,611 – коефіцієнт, який дорівнює значенню розрахункової маси КОН в 1 мл 0,1 нормального розчину КОН;

K – поправка до титру 0,1 нормального розчину гідроксиду калію;
 V – об'єм 0,1 нормального гідроксиду калію, витраченого на титрування, мл;
 m – маса олії, г.

Визначення пероксидного числа олій проводили згідно ДСТУ ISO 3960-2001. Сутність методу полягає в розчиненні визначеної маси олії в суміші розчинників з подальшим титруванням існуючих гідропероксидів розчином тіосульфату натрію. З подальшою обробкою результатів та визначення перекисного числа олії (ПЧ), ммоль/кг, визначають за формулою (2).

$$X = \frac{(V - V_0) \cdot 1000 \cdot c}{m}, \quad (2)$$

де V – об'єм розчину тіосульфату натрію в основному досліді, см³;
 V_0 – об'єм розчину тіосульфату натрію в контрольному досліді, см³;
 c – концентрація розчину тіосульфату натрію, моль/дм³;
 m – маса дослідної проби, г.

Визначення густини зразків олії проводили згідно з ДСТУ 4633:2006.

Ступінь ненасиченості олії визначали за величиною йодного числа (ЙЧ), титруванням з використанням солянокислого розчину хлористого йоду згідно з ГОСТ 5475-69.

Визначення вмісту вторинних продуктів окиснення здійснювали за величиною тіобарбітурового числа. Тіобарбітурове число (Тб.Ч) у мг малондіальдегіда на 1000 г жиру розраховували за формулою:

$$Тб.Ч = [lg(100/T) \cdot K] / m, \quad (3)$$

де T – коефіцієнт пропускання фільтрату;

$lg(100/T)$ – оптична густина фільтрату;

K – фактор у випадку використання світлофільтрів з відмінною 2-тіобарбітурова кислота 21 довжиною хвилі, для різних колориметрів встановлюється експериментально;

m – наважка речовини у г.

Результат виражають у мг малондіальдегіду на 1000 г жиру (мг МА/1000г).

Визначення динамічної в'язкості зразків олій (η) проводили на вимірювальному пристрої – реовіскозиметрі Гепплера (Німеччина), використовуючи для розрахуну наступну формулу:

$$\eta = P \cdot \tau \cdot k, \quad (4)$$

де η – динамічна в'язкість, Па·с;

P – наважка, г/см²;

τ – час, с;

k – константа мірного циліндра.

Питоме поглинання (коефіцієнт екстинції) $(E \frac{1\%}{1 \text{ см}})$ визначали за довжиною хвилі $\lambda=232$ нм (межа окиснення олії) та розраховували за формулою:

$$E \frac{1\%}{1 \text{ см}} = D_{232} / C, \quad (5)$$

де D_{232} – оптична густина розчину олії за довжини хвилі $\lambda=232$ нм;

C – процентна концентрація розчину олії, чисельно дорівнююча m .

Питомий показник заломлення (n) зразків олій визначали за ДСТУ ISO 6320-2001.

Для визначення кількості насичених та ненасичених жирних кислот застосовували метод визначення жирнокислотного складу, який ґрунтувався на перетворенні тригліцеридів жирних кислот у метилові ефіри жирних кислот і газо-хроматографічному аналізі останніх [17].

Визначення вмісту та складу токоферолів здійснювали методом високоефективної рідинної хроматографії на хроматографічній системі Smartline фірми «Knauer» (Німеччина) з використанням колонки EurospherII – 5 – Si 250×4.

6. Результати дослідження

6.1. Дослідження фізико-хімічних показників олії соняшникової високоолеїнового типу та їх зміна під час зберігання

На сьогоднішній день олію для використання в технологічному процесі виготовлення продукції із заварного тіста, як рецептурного компоненту обирають із визначеними фізико-хімічними та технологічними властивостями [5, 9]. Для технології приготування кулінарної продукції, зокрема виробів із заварного тіста, планується використання ОСВТ, як альтернативної заміни вершкового масла.

Зважаючи на те, що об'єктом дослідження є ОСВТ, досліджено її технологічні та фізико-хімічні показники, проведено порівняльну характеристику з олією, схожою з нею за властивостями соняшниковою рафінованою дезодорованою (ОСРД) як контроль.

Відомо, що з усіх складових частин їжі жири є найбільш вразливими щодо дії різних факторів, які викликають зміни їхніх властивостей та зумовлюють зміну якості готової продукції. Зважаючи на те, що до складу олій входить велика група ненасичених хімічних сполук, що роблять їх реакційноспроможними, досліджено зміни основних, фізико-хімічних показників та жирнокислотного складу олій:

- під час зберігання ($t=20\pm 2$ °С, $\tau=24$ міс.);
- під впливом температур ($t=0\dots 100$ °С);
- в умовах тривалого термічного впливу ($t=180\pm 2$ °С, $\tau=(0\dots 30)\times 60^2$ с);
- за умов гідротермічного впливу.

Для об'єктивної оцінки перетворень, що відбуваються в оліях під час зберігання було досліджено фізико-хімічні показники: КЧ, ПЧ, ЙЧ, динамічну в'язкість та показник заломлення.

На рис. 1, 2 представлено залежність вищевказаних показників від тривалості зберігання олій. Сукупність отриманих даних дозволяє охарактеризувати швидкість та ступінь процесів гідролізу і окиснення. Аналіз одержаних даних (рис. 1) дозволяє констатувати, що процес гідролізу зразків олій є незворотним – КЧ обох зразків протягом усього терміну зберігання поступово зростає. У контрольному зразку (ОСРД) процес гідролізу спостерігається від початку зберігання, ступінь накопичення продуктів гідролізу в ньому є вищим, ніж у ОСВТ, у 3 рази за 24 місяці зберігання.

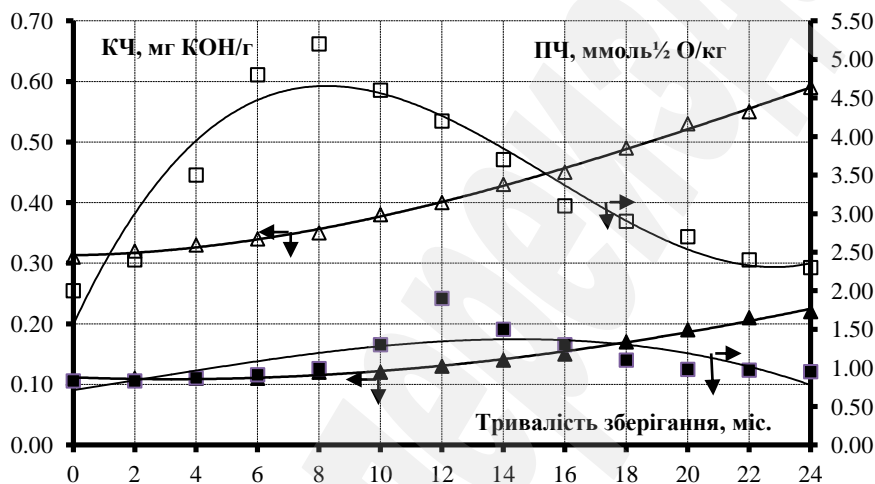


Рис. 1. Залежність кислотного числа (Δ , \blacktriangle) та пероксидного числа (\square , \blacksquare) олії від тривалості зберігання за $t=20\pm 2$ °С: олія соняшникова рафінована дезодорована (контроль) – світлі маркери; олія соняшникова високоолеїнового типу – темні маркери

З літературних джерел [9–11] відомо, що в основі процесів окиснення жирів лежить їх взаємодія з киснем. Субстратами цієї реакції в загальному вигляді є ненасичені жирні кислоти. Дослідження ПЧ зразків олії під час зберігання свідчить, що характер зміни ПЧ нестабільний. Результати проведених досліджень ПЧ зразків олій під час зберігання свідчать, що в ОСРД (контроль) пік накопичення гідрпероксидів (первинних продуктів окиснення) спостерігається з 6 по 10 місяць зберігання і сягає 5 ммоль $\frac{1}{2}$ O/кг, в той час як у ОСВТ підвищення ПЧ спостерігається лише з 10-го місяця і становить 1,98 ммоль $\frac{1}{2}$ O/кг. ПЧ обох зразків олій після досягнення максимуму інтенсивно знижується, що говорить про утворення летких сполук.

Установлено, що під час зберігання олій руйнуються гліцериди, до складу яких входять ненасичені жирні кислоти, що підтверджують дані досліджень йодного числа та показника заломлення (рис. 2). Йодне число обох зразків олій знижується протягом усього терміну зберігання. Виявлено, що зниження ступеня ненасиченості в ОСРД (контроль) відбувається стрімкіше за ОСВТ.

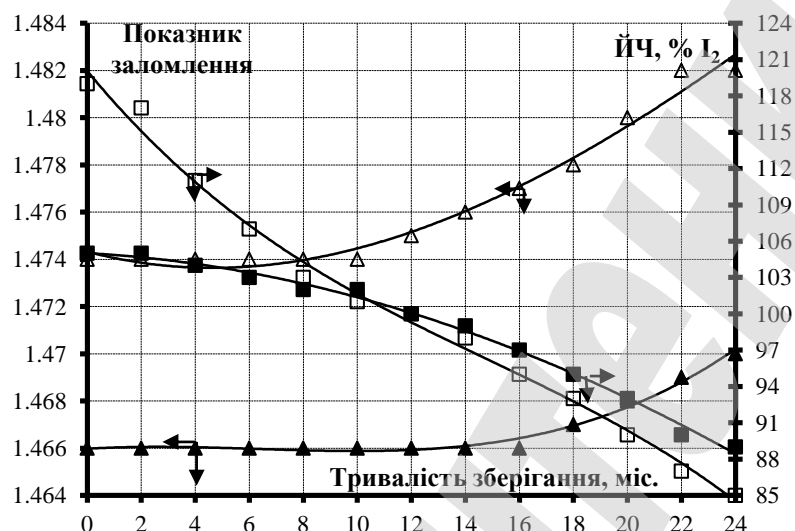


Рис. 2. Залежність йодного числа (□, ■) та показника заломлення (Δ, ▲) олії від тривалості зберігання за $t=20\pm 2$ °С: олія соняшникова рафінована дезодорована (контроль) – світлі маркери; олія соняшникова високоолеїнового типу – темні маркери

Дослідження в'язкості олій під час зберігання показало, що в'язкість ОСРД (контроль) зростає з перших місяців зберігання і досягає максимуму $0,027\pm 0,001$ Па·с, що через 24 місяці в 1,3 рази перевищує цей показник в ОСВТ – $0,020\pm 0,001$ Па·с. Порівняно з контролем крива динамічної в'язкості ОСВТ має стабільний характер протягом 16 місяців зберігання. Оскільки в'язкість олій залежить від вмісту в них насичених жирних кислот, спряжених зв'язків і транс-ізомерів, одержані результати дозволяють припустити, що підвищення в'язкості ОСРД (контроль) пов'язано із зміною просторової структури вільних жирних кислот.

Динаміка Тб.Ч олій указує на збільшення вмісту вторинних продуктів окиснення з 6-го місяця зберігання в ОСРД (контроль) у 3 рази та з 12-го місяця в ОСВТ у 2 рази порівняно з початковим рівнем.

Зростання коефіцієнту екстинції, говорить про те, що протягом усього терміну зберігання в обох зразках олій ізольовані системи подвійних зв'язків ізомеризуються в спряжені. Так, коефіцієнт екстинції ОСРД (контроль) зріс від початкової позначки у 5 разів, а ОСВТ у 3 рази.

Динаміка жирнокислотного складу олій свідчить, що під час зберігання в ОСВТ та ОСРД (контроль) вміст насичених жирних кислот підвищується від 7,9 % до 8,7 % та від 11,4 % до 12,5 % відповідно. А кількість поліненасичених жирних кислот знижується від 2,3 % до 1,9 % та від 62,8 % до 56,5 % відповідно, що корелюється з результатами досліджень фізико-хімічних показників. Динаміка вмісту мононенасичених жирних кислот різниться: в ОСВТ їх вміст знижується до 89,5...86,2 %, а в ОСРД (контроль) зростає до 25,6...28,1 % протягом 24 місяців.

Вміст токоферолів в оліях під час зберігання (табл. 3) знижується в обох зразках, а саме – у 1,5 рази в ОСРД (контроль) та 1,1 рази в ОСВТ, що свідчить про зменшення їх антиоксидантного потенціалу під час зберігання.

Таблиця 3

Вміст токоферолів в оліях під час зберігання $t=20\pm 2$ °С, мг %

Назва олії	Тривалість зберігання, місяць							
	0	3	6	9	12	18	21	24
ОСРД (контроль)	61,1±3, 0	55,3±2, 8	52,8±2, 6	48,4±2, 4	46,2±2, 3	44,2±2, 2	42,6±2, 1	40,5±2, 0
ОСВТ	52,5±2, 6	51,8±2, 6	50,4±2, 5	49,5±2, 5	48,8±2, 4	48,0±2, 4	47,3±2, 4	46,6±2, 3

Важливим етапом дослідження є визначення раціональних параметрів термічної обробки ОСВТ. Установлено, що показник заломлення в ОСВТ не змінюється під впливом температури і становить 1,466, а в ОСРД (контроль) – збільшується в межах 1,474...1,476. Це свідчить про накопичення в ОСРД (контроль) речовин із новими функціональними групами.

Дослідженнями динаміки КЧ та ПЧ у зразках обох олій за умови підвищення температури встановлено, що паралельно відбуваються процеси гідролізу та окиснення з різною інтенсивністю. КЧ та ПЧ ОСРД (контроль) зростають за умов підвищення температури від 20 до 100 °С і перевищують ці дані показники в ОСВТ у 3,0 та 2,5 рази відповідно.

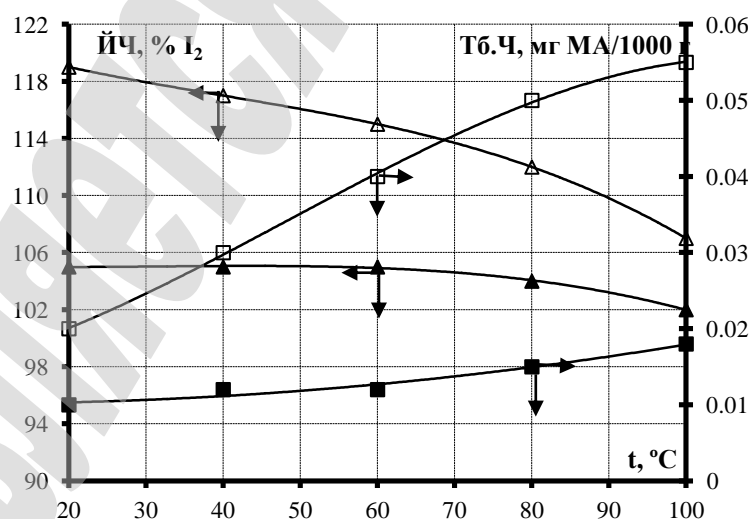


Рис. 3. Залежність йодного числа (Δ , \blacktriangle) та тіабарбітурового числа (\square , \blacksquare) олії від температури: олія соняшникова рафінована дезодорована (контроль) – світлі маркери; олія соняшникова високоолеїнового типу – темні маркери

Йодне число олій (рис. 3) становить для ОСВТ 105 % I₂, ОСРД (контроль) – 119 % I₂, а з підвищенням температури ЙЧ зменшується до 102 %

I_2 та 106 % I_2 відповідно. Зниження ЙЧ свідчить не лише про зниження ступеня ненасиченості, але й про ізомеризацію. Для визначення вмісту альдегідів у зразках олії під час термообробки досліджено динаміку Тб.Ч (рис. 3). Установлено, що показник Тб.Ч корелює з значеннями КЧ та ЙЧ олій, Тб.Ч ОСВД не змінюється в діапазоні температур 20...60°C, у той час як для ОСВД (контроль) спостерігається зростання Тб.Ч у межах 0,02...0,055 мг МА/1000 г.

Експериментальні дослідження свідчать про зниження загального вмісту токоферолів у зразках олії з підвищенням температури, а саме на 7,7% в ОСВД та на 5,1% в ОСВД, що підтверджує більш інтенсивне окиснення ОСВД порівняно з ОСВД.

Для обґрунтування використання ОСВД як рецептурного компоненту продукції із заварного тіста та середовища для смаження їх у фритюрі вважали за доцільне дослідити властивості ОСВД під час тривалої термообробки ($t=180\pm 2^\circ\text{C}$, $\tau=30\times 60^2\text{ c}$). Установлено, що КЧ обох зразків олії під час термообробки зростає (рис. 4).

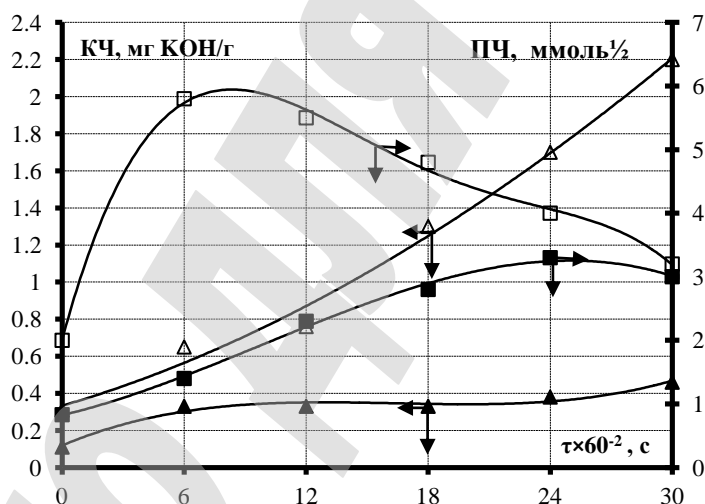


Рис. 4. Залежність кислотного числа (Δ , \blacktriangle) та пероксидного числа (\square , \blacksquare) олії від тривалості термообробки за $t=180\pm 2^\circ\text{C}$: олія соняшникова рафінована дезодорована (контроль) – світлі маркери; олія соняшникова високоолеїнового типу – темні маркери

КЧ ОСВД після 30 годин збільшується від початкового значення у 4,2 рази та залишається досить низьким – 0,46 мг КОН/г, КЧ ОСВД (контроль) підвищується в 7,1 рази і становить 2,2 мг КОН/г. Швидкість окиснення в ОСВД нижча від ОСВД (контроль) у 2 рази на початку термообробки та в 1,23 рази за максимальної тривалості термообробки.

Полімеризація та ізомеризація триацилгліцеринів ненасичених жирних кислот зразків олії під час тривалої термообробки ($t=180\pm 2^\circ\text{C}$) підтверджується дослідженнями в'язкості та коефіцієнтом екстинції (рис. 5).

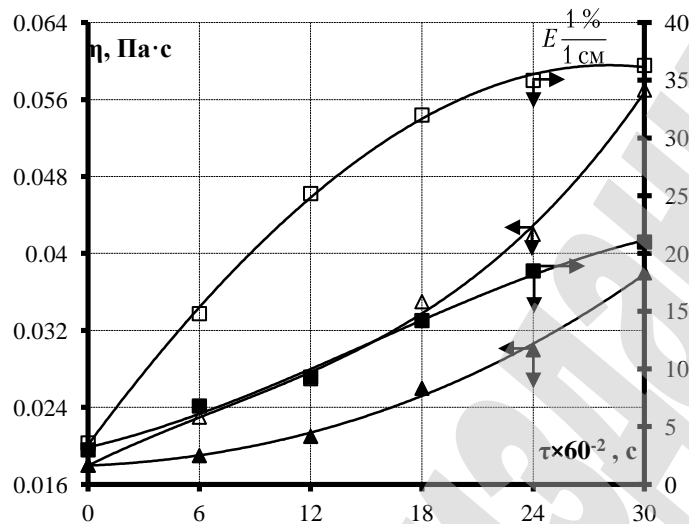


Рис. 5. Залежність в'язкості (Δ , \blacktriangle) та коефіцієнту екстинції олії ($E \frac{1\%}{1\text{ см}}$) (\square , \blacksquare) олії від тривалості термообробки за $t=180\pm 2\text{ }^\circ\text{C}$: олія соняшникова рафінована дезодорована (контроль) – світлі маркери; олія соняшникова високоолеїнового типу – темні маркери

В інтервалі тривалості термообробки 6...30 годин спостерігається лінійна залежність між коефіцієнтом екстинції та тривалістю термообробки. Коефіцієнт екстинції в ОСРД (контроль) та ОСВТ зростає до межі гранично допустимих значень через 6 годин в ОСРД та 18 годин в ОСВТ ($E \frac{1\%}{1\text{ см}} = 15$, що відповідає накопиченню 1 % окиснених жирних кислот). Це підтверджує більшу в 3 рази термостійкість ОСВТ.

Доведено, що водночас зі збільшенням коефіцієнта екстинції підвищується і Тб.Ч (рис. 5) олій, що підтверджує утворення вторинних продуктів окиснення. Показник Тб.Ч в ОСВТ становить 0,04 мг МА/1000 г, що менше у 2,25 рази за Тб.Ч ОСРД (контроль). Зниження ступеня ненасиченості олій ілюструють результати дослідження ЙЧ (рис. 6). Стрімкий розпад триацилгліцеринів спостерігається протягом 6...18 годин, унаслідок якого ЙЧ ОСРД (контроль) зменшується від 119 % I_2 до 95% I_2 , тобто в 1,2 рази від початкового значення, а в ОСВТ – в 1,1 рази.

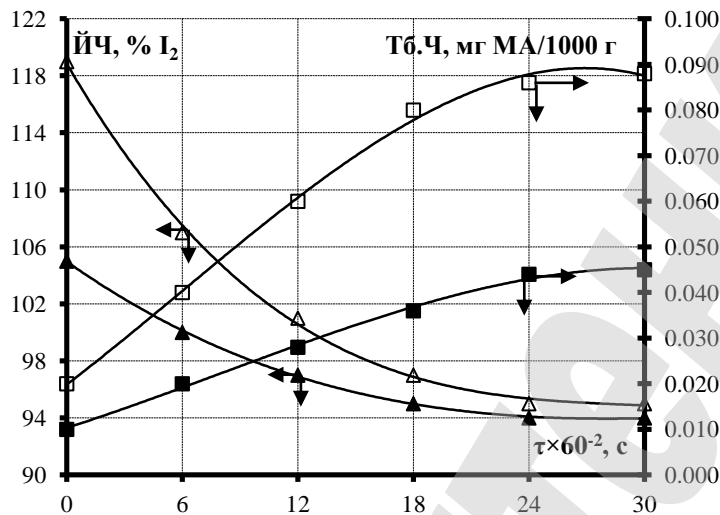


Рис. 6. Залежність йодного числа (Δ , \blacktriangle) та Тб.Ч (\square , \blacksquare) олії від тривалості термообробки за $t=180\pm 2$ °С: олія соняшникова рафінована дезодорована (контроль) – світлі маркери; олія соняшникова високоолеїнового типу – темні маркери

Під час термообробки відбуваються суттєві зміни жирнокислотного складу олій, характер яких залежить від типу олії та тривалості термообробки. Динаміка вмісту насичених жирних кислот за термічного впливу наведена в табл. 4, 5.

Таблиця 4

Залежність вмісту пальмітинової кислоти (% до загальної суми) в досліджуваних зразках олії від тривалості термообробки

Назва олії	Тривалість термічного впливу, $\times 60^{-2}$ с					
	0	6	12	18	24	30
Олія соняшникова рафінована дезодорована (контроль)	6,8	7,5	8,1	8,5	9,3	10,2
Олія соняшникова високоолеїнового типу	3,9	4,0	4,1	4,3	4,5	4,8
НІР* _{0,05}	0,1					

Примітка: * найменша імовірна різниця, ефекти достовірні на 5-ти відсотковому рівні.

Вміст насичених жирних кислот під час тривалої термообробки обох зразків олії збільшується. В ОСВТ спостерігається збільшення вмісту пальмітинової (від 3,9 % до 4,8 %) та стеаринової (від 2,8 % до 3,6 %) кислот, в ОСРД (контроль) – (від 6,8 % до 10,2 % та від 3,7 % до 5,6 % відповідно). В ОСРД (контроль) зростання вмісту пальмітинової та стеаринової кислот під час нагрівання відбувається інтенсивніше, ніж в ОСВТ.

Таблиця 5

Вміст стеаринової кислоти (% , до загальної суми) в досліджуваних зразках олій за термічного впливу

Назва олії	Тривалість термічного впливу, $\times 60^{-2}$ с					
	0	6	12	18	24	30
Олія соняшникова рафінована дезодорована (контроль)	3,7	4,1	4,3	4,6	5,1	5,6
Олія соняшникова високоолеїнового типу	2,8	3,0	2,9	3,2	3,4	3,6
НІР _{0,05}	0,1					

Установлено (табл. 6), що ОСВТ характеризується високим вмістом олеату (89,3 %), що в 3,5 рази перевищує цей показник в ОСРД (контроль). Характер змін вмісту олеату під час тривалої термообробки специфічний для кожного з досліджуваних зразків олій. Вміст олеїнової кислоти в ОСВТ під час тривалої термообробки знижується від 89,3 % до 83,6 %, за рахунок окиснення олеїнової кислоти, а в ОСРД (контроль) – інтенсивно зростає від 25,5 % до 33,4 %, що можна пояснити двома паралельними процесами – окиснення та гідрогенізації поліненасичених жирних кислот (ПНЖК).

Таблиця 6

Вміст олеїнової кислоти (% , до загальної суми), в досліджуваних зразках олій за термічного впливу

Назва олії	Тривалість термічного впливу, $\times 60^{-2}$ с					
	0	6	12	18	24	30
Олія соняшникова рафінована дезодорована (контроль)	25,5	27,3	28,7	29,7	31,5	33,4
Олія соняшникова високоолеїнового типу	89,3	86,1	85,5	85,0	84,8	83,6
НІР _{0,05}	0,3					

Вміст лінолевої кислоти в досліджуваних зразках олій в процесі тривалого термічного впливу знижувався (табл. 7). В олії соняшниковій високоолеїнового типу вміст лінолевої кислоти в процесі нагрівання зменшився з 2,00 до 1,61 %, що може свідчити про особливість структурового розташування лінолевої кислоти в молекулі триацилгліцерину, в той час як кількісний вміст лінолевої кислоти в ОСРД (контроль) зменшився з 62,6 до 48,4 %.

Таблиця 7

Вміст лінолевої кислоти (% до загальної суми) в досліджуваних зразках олій за термічного впливу

Назва олії	Тривалість термічного впливу, $\times 60^{-2}$ с					
	0	6	12	18	24	30
Олія соняшникова рафінована дезодорована (контроль)	62,6	59,5	57,2	55,0	51,9	48,4
Олія соняшникова високоолеїнового типу	2,00	1,70	1,68	1,65	1,63	1,61
НІР _{0,05}	0,3					

Узагальнення результатів досліджень підтверджує, що ОСВТ характеризується більшою стабільністю жирнокислотного складу під час тривалої термообробки порівняно з ОСРД (контроль).

Загальний вміст токоферолів в ОСРД (контроль) становить 61,1 мг %, а в ОСВТ – 52,5 мг %. Кількісно переважаючою формою токоферолів у проаналізованих зразках є α -токоферол. Його частка в комплексі токоферолів становить 93,9 мг % та 94,6 мг %, тоді як частки β -, γ - та δ -токоферолів складають: 3,8 мг % та 4,5 мг %; 1,4 мг % та 1,5 мг %; 0,2 мг % та 0,3 мг % відповідно (табл. 8).

Таблиця 8

Вміст та склад токоферолів в досліджуваних зразках олій

Назва олії	Загальний вміст токоферолів в оліях, мг%	Вміст ізоформ токоферолів, % до суми			
		α -токоферолу	β -токоферолу	γ -токоферолу	δ -токоферолу
Олія соняшникова рафінована дезодорована (контроль)	61,1	93,9	4,5	1,4	0,3
Олія соняшникова високоолеїнового типу	52,5	94,6	3,8	1,5	0,2
НІР _{0,05}	4,5	1,7	1,1	0,8	0,1

Досліджувані зразки олії суттєво відрізняються за динамікою вмісту α -токоферолу під час тривалої термообробки (табл. 9). В ОСРД (контроль) через 6 годин термообробки вміст α -токоферолу знижується на 46,7 %, 12 годин – на 75,8 %, 18 годин – на 90,4 %, 24 годин – на 94,1 %, 30 годин – на 99,0 %. Для ОСВТ – відповідно на 41,1 %, 68,2 %, 84,6 %, 91,2 % та 97,0 %. Це

свідчить про більшу стійкість ОСВТ до процесів окиснення порівняно з ОСРД (контроль).

Таблиця 9

Вміст α -токоферолу в досліджуваних зразках олій за термічного впливу, мг %

Назва олії	За термічного впливу, $\times 60^{-2}$ с					
	0	6	12	18	24	30
Олія соняшникова рафінована дезодорована (контроль)	57,3	30,6	13,9	5,5	3,4	0,6
Олія соняшникова високоолеїнового типу	49,7	29,3	15,8	7,7	4,4	1,5
НІР _{0,05}	1,6					

Із метою розробки рекомендацій із подальшого використання ОСВТ у технології продукції із заварного тіста досліджували динаміку властивостей олій у технологічній системі під впливом гідротермічної обробки.

Встановлено, що під час перебігу гідротермічних процесів у модельних системах «ОСВТ – вода» на основі ОСВТ із різною реакцією середовища рН 4,5, 6,0, 8,0 хімічні перетворення триацилгліцеринів – гідроліз та окиснення – відбуваються з різною інтенсивністю. Модельні системи на основі ОСВТ виявляють більшу термостабільність і стійкість до пероксидного окиснення порівняно з модельними зразками на основі ОСРД (контроль). Максимальні значення КЧ і ПЧ не перевищують 0,74 мг КОН/г і 3,45 ммоль/20/кг відповідно за умов збільшення частки води в системі (1,0:0,5; 1,0:2,5; 1,0:3,0), підвищення температури до 100 °С, подовження тривалості термічного впливу до 40-60 с. Визначено раціональні умови гідротермічного процесу для модельних систем «ОСВТ – вода» на основі ОСВТ, згідно з якими температура становить 95...100 °С, тривалість – 5-60 с, гідромодуль «ОСВТ – вода» – 1,0:2,5. Проведені дослідження стали підґрунтям для розробки науково обґрунтованої технології з використанням ОСВТ у виробництві продукції із заварного тіста.

6.2. Розробка рекомендацій з використання олії соняшникової високоолеїнового типу в технології продукції із заварного тіста та в якості середовища для смаження

Експериментально встановлено, що ОСВТ характеризується змінним ЖКС, що має високий вміст олеїнової кислоти та відрізняється від ОСРД (контроль) більш високою стійкістю до процесів окиснення. Завдяки технологічним властивостям ОСВТ, вважаємо за доцільне її використання у технологіях, що вимагають стійкості до процесів окиснення, як під час зберігання так і під впливом технологічних факторів.

Узагальнення аналітичних та експериментальних досліджень технологічних показників ОСВТ дозволило визначити раціональні параметри технологічної обробки (табл. 10) та розробити рекомендації з її використання.

Враховуючи вищенаведене, рекомендовано використання ОСВТ в якості:

- рецептурного компоненту;
- середовища для смаження, зокрема у фритюрі.

Таблиця 10

Раціональні параметри технологічної обробки олії соняшникової високоолеїнового типу

Назва параметра	Одиниці вимірювання	Межові значення
<i>Олія як середовище для смаження</i>		
Температура	°C	160...180
Співвідношення олія: н/ф	–	4:1
Тривалість безперервного використання	×60 ² с	0...18
Тривалість зберігання ОСВТ	міс.	24
<i>Олія як рецептурний компонент заварного тіста</i>		
Температура гідротермічної обробки	°C	95...100
Тривалість гідротермічної обробки	×60 с	3...5
Співвідношення олія: вода	–	1:2,5
pH середовища	–	6
Тривалість зберігання готових виробів, за t=0...6 °C та відносної вологості повітря 70...75 %	годин	0...12

Вважаємо, що дотримання раціональних параметрів технологічної обробки ОСВТ дозволить задовільнити принципам розробки нової продукції:

- використання вітчизняної сировини;
- максимальна реалізація функціонально-технологічних властивостей ОСВТ з отриманням продукції високої якості;
- отримання продукції з використанням ОСВТ, у технології якої реалізовано індустріальні підходи;
- зменшення енергозатрат і трудомісткості процесу;
- упровадження ресурсозберігаючих технологій з використанням новітніх принципів утворення харчових продуктів.

7. SWOT-аналіз результатів досліджень

Strengths. Використання ОСВТ при виробництві кулінарної продукції дозволить:

- підвищити харчову та біологічну цінність продуктів за рахунок вмісту в олії мононенасичених жирних кислот сімейства ω -9;
- виключити споживання транс-ізомерів;
- поліпшити органолептичні показники і споживчі властивості продуктів харчування;
- вирішити проблеми швидкого окиснення та значного погіршення органолептичних показників олії при виготовленні кулінарної продукції, що потребує довготривалої термічної обробки (борошняні кондитерські та кулінарні вироби, фритюр, смаження, тощо), що забезпечить економічний ефект.

Weaknesses. Недоліком олії соняшникової високоолеїнового типу є температура плавлення і агрегатний стан жиру, що обмежує можливість її

використання у технологіях, які потребують твердої товарної форми жиру. Оскільки відомо, що олії порівняно з твердими жирами, погано утримуються тістом і готовими виробами, олія випресовується під час зберігання виробів, залишаючи жирні плями на обгортках.

Opportunities. Одним із можливих шляхів вирішення даної проблеми є введення олії соняшnikової високоолеїнового типу до складу тіста у вигляді емульсій. Останнім часом іде активний пошук ефективних емульгаторів і стабілізаторів емульсій. Інший варіант реалізації даного недоліку полягає у трансформації олії соняшnikової високоолеїнового типу у твердий стан за рахунок додавання бджолиного воску або включення до рецептури тіста комплексних дистильованих моногліцеридів з лецитином.

Threats. Ризики використання олії соняшnikової високоолеїнового типу полягають у:

- зниженні врожайності гібиду соняшнику з якого отримують ОСВТ;
- недотримання рекомендацій, щодо зберігання та використання ОСВТ.

8. Висновки

1. Досліджено вплив технологічних чинників на фізико-хімічні та технологічні властивості ОСВТ. Доведено, що під час зберігання ОСВТ більш стійка до процесів окиснення, порівняно з олією соняшnikової рафінованою дезодорованою (ОСРД), оскільки гліцериди поліненасичених жирних кислот окиснюються швидше, ніж мононенасичених, що підтверджують експериментальні дані фізико-хімічних показників, жирнокислотного складу та динаміка вмісту токоферолів. Досліджено стійкість ОСВТ до процесів окиснення за умов тривалого термічного впливу порівняно з олією соняшnikовою рафінованою дезодорованою (ОСРД) (контроль) за функціональними числами (кислотним, перекисним, йодним, тіобарбітуровим). Встановлено, що швидкість окиснення в ОСВТ нижча від ОСРД (контроль) у 2 рази на початку термообробки та в 1,23 рази за максимальної тривалості термообробки.

Коефіцієнт екстинції зростає до межі гранично допустимих значень ($E \frac{1\%}{1\text{ см}} = 15$, що

відповідає накопиченню 1 % окиснених жирних кислот) через 6 годин в ОСРД та 18 годин в ОСВТ, що підтверджує більшу в 3 рази термостійкість ОСВТ. Встановлено суттєві зміни жирнокислотного складу та комплексу токоферолів олій за умов термообробки, характер яких залежить від типу олії та тривалості термообробки, що також свідчить про більшу стійкість ОСВТ до процесів окиснення порівняно з ОСРД (контроль) та дозволяє рекомендувати ОСВТ як середовище для фритюрного смаження та рецептурний компонент жировмісної продукції. Досліджено зміни основних технічних та технологічних показників ОСВТ під час перебігу гідротермічних процесів. Встановлено закономірності впливу гідротермічного способу обробки на технологічні показники ОСВТ, що доводять доцільність використання ОСВТ у технологіях із гідротермічною складовою, зокрема в технології виробів із заварного тіста.

2. Розроблено рекомендації щодо використання олії соняшnikової високоолеїнового типу в технології продукції із заварного тіста та в якості середовища для смаження. Рациональні умови процесу заварювання тіста

становлять $t=95\text{...}100\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau=(3\text{...}5)\times 60\text{ с}$, ГМ «ОСВТ – вода» – 1:2,5. Рекомендовані параметри використання олії соняшnikової високоолеїнового типу у якості середовища для смаження, зокрема у фритюрі: $t=160\text{...}180\text{ }^{\circ}\text{C}$, тривалість безперервного використання $\tau=(0\text{...}18)\times 60^2\text{ с}$, співвідношення «ОСВТ – напівфабрикат» – 4:1, тривалість зберігання олії соняшnikової високоолеїнового типу 24 місяці.

Література

1. Kyrychenko, V. V. Vyrobnystvo soniashnyku v Ukraini: stan i perspektyvy [Text] / V. V. Kyrychenko, V. P. Kolomatska, K. M. Makliak, V. I. Syvenko // Visnyk TsNZ APV Kharkivskoi oblasti. – 2010. – No. 7. – P. 281–287.
2. Davydovych, O. Ya. Netradytsiini vydy olii u vyrobnystvi boroshnianykh kondyterskykh vyrobiv [Text] / O. Ya. Davydovych, N. S. Palko // Produkty & ingredienty. – 2012. – No. 3. – P. 8–9.
3. Tkachenko, A. S. Improvement of fatty-acid composition of sugar cookies by using of alternative oils [Text] / A. S. Tkachenko // Visnyk Lvivskoi komertsii noi akademii: Seriiia tovaroznavcha. – 2015. – Vol. 15. – P. 114–119.
4. Drobot, V. I. Vplyv kompleksnykh polipshuvachiv na perebih tekhnolohichnykh protsesiv ta yakist vyrobiv z kukurudzianym boroshnom [Text] / V. I. Drobot, O. P. Pysarets // Prodovolchi resursy. – 2014. – No. 2. – P. 40–42.
5. Topchii, O. Principles of blending fatty acid balanced vegetable oils [Text] / O. Topchii, Ye. Kotliar // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2015. – Vol. 1, No. 6 (73). – P. 26–32. doi:[10.15587/1729-4061.2015.35997](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.35997)
6. Karpova, A. The technology of flour confectionery product susing new prescription components [Text] / A. Karpova, K. Kunitsa, E. Biletskiy. – 2017. – 175 p.
7. Lozovaia, T. M. Ustanovka vliianiia netraditsiinnogo prirodnogo syr'ia na protsessy okisleniia v konditerskom zhire [Text] / T. M. Lozovaia // Aktualnye nauchnye issledovaniia v sovremennom mire. – 2017. – Vol. 6, No. 1. – P. 52–57.
8. Rios, R. V. Application of fats in some food products [Text] / R. V. Rios, M. D. F. Pessanha, P. F. de Almeida, C. L. Viana, S. C. da S. Lannes // Food Science and Technology (Campinas). – 2014. – Vol. 34, No. 1. – P. 3–15. doi:[10.1590/s0101-20612014000100001](https://doi.org/10.1590/s0101-20612014000100001)
9. Belingheri, C. Oxidative stability of high-oleic sunflower oil in a porous starch carrier [Text] / C. Belingheri, B. Giussani, M. Rodriguez-Estrada, A. Ferrillo, E. Vittadini // Food Chemistry. – 2015. – Vol. 166. – P. 346–351. doi:[10.1016/j.foodchem.2014.06.029](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.06.029)
10. Roman, O. Oxidative reactivity of unsaturated fatty acids from sunflower, high oleic sunflower and rapeseed oils subjected to heat treatment, under controlled conditions [Text] / O. Roman, B. Heyd, B. Broyart, R. Castillo, M.-N. Maillard // LWT – Food Science and Technology. – 2013. – Vol. 52, No. 1. – P. 49–59. doi:[10.1016/j.lwt.2012.12.011](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.12.011)
11. Aladedunye, F. Frying stability of high oleic sunflower oils as affected by composition of tocopherol isomers and linoleic acid content [Text] / F. Aladedunye,

R. Przybylski // Food Chemistry. – 2013. – Vol. 141, No. 3. – P. 2373–2378. doi:[10.1016/j.foodchem.2013.05.061](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.05.061)

12. Talbot, G. Specialty Oils and Fats in Food and Nutrition [Text] / ed. by G. Talbot. – Elsevier, 2015. – 384 p. doi:[10.1016/c2014-0-01770-4](https://doi.org/10.1016/c2014-0-01770-4)

13. Awatif, I. Quality Characteristics of High-Oleic Sunflower Oil Extracted from Some Hybrids Cultivated under Egyptian Conditions [Text] / I. Awatif, A. Shaker // Helia. – 2014. – Vol. 37, No. 60. – P. 113–126. doi:[10.1515/helia-2014-0010](https://doi.org/10.1515/helia-2014-0010)

14. Ghazani, S. M. Healthy Fats and Oils [Text] / S. M. Ghazani, A. G. Marangoni // Encyclopedia of Food Grains. – Elsevier, 2016. – P. 257–267. doi:[10.1016/b978-0-12-394437-5.00100-5](https://doi.org/10.1016/b978-0-12-394437-5.00100-5)

15. Oke, E. K. Frying of Food: A Critical Review [Text] / E. K. Oke, M. A. Idowu, O. P. Sobukola, S. A. O. Adeyeye, A. O. Akinsola // Journal of Culinary Science & Technology. – 2017. – P. 1–21. doi:[10.1080/15428052.2017.1333936](https://doi.org/10.1080/15428052.2017.1333936)

16. Hrynchenko, O. Udoskonalennia tekhnolohii nachynok dlia boroshnianskykh kondyterskykh ta kulinarykh vyrobiv [Text] / O. Hrynchenko, O. Neklesa, O. Mironov // Prodovolcha industriia APK. – 2015. – No. 1–2. – P. 19–25.

17. Dichtyar, A. Tekhnolohiia produktsii iz zavarnoho tista z vykorystanniam olii soniashnykovoï vysokooleinovoho typu [Text]: PhD thesis / A. Dichtyar. – Kharkiv: KhDUKhT, 2017. – 23 p.