

УДК 664.48

ТРАНСФОРМАЦІЯ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СКЛАДУ НУТОВИХ СНЕКІВ В ПРОЦЕСІ ВИГОТОВЛЕННЯ І ЗБЕРІГАННЯ

Бахлукова К. В., к.т.н.,

завідувачка відділу аналітичних досліджень та якості харчової продукції
<https://orcid.org/0009-0006-3302-537X>

Заславський О. М., д.х.н.,

заступник завідувача відділу аналітичних досліджень та якості харчової продукції
<https://orcid.org/0000-0001-8545-5554>Станіславів С. І., н.с. відділу аналітичних досліджень та якості харчової продукції
<https://orcid.org/0000-0003-2726-3671>Чорна Н. А., н.с. відділу аналітичних досліджень та якості харчової продукції
<https://orcid.org/0000-0002-2299-323X>

Інститут продовольчих ресурсів НААН, Київ, Україна

<https://doi.org/10.31073/foodresources2025-24-06>

Предмет. Жирнокислотний склад, пероксидне, кислотне та йодне числа нутових снєків Frango (свіжих та після 5-ти місяців зберігання), виготовлених за ТУ У 10.8-2683310412-001:2021, тіста для їхнього виготовлення та олії соняшникової, що використовується у їх виробництві. **Мета.** Дослідження змін жирнокислотного складу нутових снєків на етапах їх виготовлення і зберігання, а також характеристик соняшникової олії, що використовується у їх виробництві, спрямоване на покращення якості і харчової безпеки виробу впродовж терміну придатності. **Методи.** Екстрагування жиру хлороформно-етеровою сумішшю з відгонкою розчинників на вакуумному ротаційному випарювачі за температури не вище ніж 40°C. Встановлення жирнокислотного складу методом газової хроматографії метилових ефірів жирних кислот. Визначення пероксидного, кислотного та йодного чисел методом титрометричного аналізу. **Результати.** Досліджено і порівняно жирнокислотний склад зразків оливкової та різних типів соняшникової олії, які можуть бути запропоновані у виробництві нутових снєків. Досліджено жирнокислотний склад нутового тіста та виготовлених з нього свіжих снєків та снєків, що зберігалися протягом п'яти місяців. Встановлено, що у порівнянні з соняшниковою олією, що використовується у їхньому виробництві, у жирнокислотному складі снєків фіксується більша кількість гондоїнової, олеїнової та цис-лінолевої кислот, що супроводжується збільшенням кількості подвійних зв'язків. Прослідковано динаміку змін йодного, пероксидного і кислотного чисел в олії, нутовому тісті, виготовлених з нього снєках і снєках після зберігання. Висунуто припущення щодо впливу ферментів нуту на окисні процеси в тісті і готовій продукції, що обумовлюють погіршення її якості при тривалому зберіганні, і визначає шляхи, якими можна призупинити процеси псування продукції. **Сфера застосування результатів.** Виробництво продуктів веганського раціону тривалого терміну зберігання з великим вмістом ненасичених жирних кислот.

Ключові слова: веганські харчові продукти, нут, нутові снєки жирнокислотний склад, продовження терміну придатності

TRANSFORMATION OF THE FATTY ACID COMPOSITION OF CHICKPEA SNACKS DURING PRODUCTION AND STORAGE

Kseniia Bakhlukova, PhD, Engineering,

Head of Department Analytical Research and Food Products Quality
<https://orcid.org/0009-0006-3302-537X>

Oleksandr Zaslavskiy, D-r of Sc., Chemistry,

Deputy Head of Department Analytical Research and Food Products Quality
<https://orcid.org/0000-0001-8545-5554>Svitlana Stanislaviv, Research of Department Analytical Research and Food Products Quality
<https://orcid.org/0000-0003-2726-3671>Nataliia Chorna, Research of Department Analytical Research and Food Products Quality
<https://orcid.org/0000-0002-2299-323X>

Institute of Food Resources of NAAS, Kyiv, Ukraine

Subject. Fatty acid composition, peroxide, acid and iodine values of Frango chickpea snacks (fresh and after 5 months of storage) manufactured according to technical conditions TU U 10.8-2683310412-001:2021, of dough and sunflower oil used in their production. **Purpose:** The study of changes in the fatty acid composition of chickpea snacks during their production and storage, as well as the characteristics of

*sunflower oil used in their production, aimed at improving of the product's quality and food safety during its shelf life. **Methods.** Fat extraction by chloroform-ether mixture with distillation of solvents on a vacuum rotary evaporator at a temperature not above 40°C. Determination of fatty acid composition by gas chromatography of fatty acid methyl esters. Determination of peroxide, acid and iodine numbers by titrimetric analysis. **Methods.** Fat extraction by chloroform-ether mixture with evaporation of solvents on a vacuum rotary evaporator at a temperature not above 40°C. Determination of fatty acid composition by gas chromatography of fatty acid methyl esters. Determination of peroxide, acid and iodine values by titrimetric analysis. **Results.** The fatty acid composition of samples of olive and different types of sunflower oil, which can be used in the production of chickpea snacks, was studied and compared. The fatty acid composition of chickpea dough and fresh snacks baked from it and snacks stored for five months was studied. It was found that compared to sunflower oil used in their production, the fatty acid composition of snacks contains a greater amount of gonadoic, oleic and cis-linoleic acids, which is accompanied by an increase in the number of double bonds. The dynamics of changes in iodine, peroxide and acid numbers in oil, chickpea dough, snacks made from it and snacks after storage was monitored. An assumption is made regarding the influence of chickpea enzymes on oxidative processes in dough and finished products, which cause deterioration of their quality during long-term storage, and ways are identified to stop the processes of product spoilage. **Scope of results.** Production of vegan diet products with a long shelf-life and a high content of unsaturated fatty acids.*

Key words: vegan food products, chickpea, chickpea snacks, fatty acid composition, shelf-life extension

Постановка проблеми. Для розширення асортименту харчових продуктів практикують, серед іншого, залучення нетрадиційної сировини. Урізноманітнення сировинної бази є особливо необхідним для створення продуктів веганського раціону, у складі яких не повинно бути білковмісних інгредієнтів тваринного походження. Традиційно джерелом білка веганських продуктів виступають бобові культури – боби, соя, квасоля, сочевиця, горох та ін. [1].

Вітчизняні аграрії неналежно мало уваги приділяють такій цінній зернобобовій культурі як нут звичайний (*Cicer arietinum*), відомий також як турецький горох, баранячий горох, шиш, нахад. Традиційно нут вирощують та споживають у країнах Західної та Південної Азії (Індія, Пакистан, Туреччина), Північної Африки та Північної Америки (Мексика). Нут також традиційно вживають в Середземноморському регіоні. Із нуту виготовляють борошно, яке широко використовують в індійській кухні [2]. Також з нуту готують велику кількість страв: гарніри, салати, закуски, густі супи, ніжні соуси та випічку та ін. [3]. В них нут використовують переважно у вареному, або тушкованому вигляді. Напевно, найбільш відомими у світі є закуски хумус та фалафель.

Боби нуту багаті білком та клітковиною. Так, у 100 г нуту міститься: білків 17–22 г; жирів 6,0 г; вуглеводів 60,7 г; клітковини 18–22 г [2]. Разом з бобами нуту в організм надходять такі цінні мікро- і макроелементи, як залізо, кальцій, калій, магній, фосфор і цинк, залучені в низці біологічних процесів. Вони необхідні для роботи імунної та нервової систем, здоров'я кісток і зубів, підтримання енергетичного балансу, прискорення регенерації клітин тощо. Вітамін К, який входить до складу нуту, поліпшує згортання крові, а ω -3 і ω -6 жирні кислоти корисні для серцево-судинної системи та мозку [2, 4].

Практично всі відомі продукти з нуту мають незначний термін зберігання. Мінімізувати зазначений недолік дозволяє вітчизняна розробка – нутові снеки Frango, виробництва ФОП Цимбаліст Л. Ю. (виготовлені за ТУ У 10.8-2683310412-001:2021), що мають такий склад: нут відварений 35%, борошно кукурудзяне, олія соняшникова, клітковина льону, сіль, часник сухий, зіра мелена, цибуля сушена 0,2%. За інформацією виробника 100 г даних нутових снеків містять: білків – 13,2 г; жирів – 22,6 г, з них насичених – 2,6 г; вуглеводів – 45,3 г, з яких цукрів – 4,2 г; солі – 1,9 г. Дані снеки мають шестимісячний термін придатності, що частково і зумовило необхідність проведення даного дослідження. Щоб зрозуміти, чи можливо за рахунок зміни технології виготовлення збільшити термін придатності снеків. Доволі високий вміст рослинних жирів, які надходять у продукцію переважно з соняшникової олії та нуту та в невеликій

кількості з кукурудзяного борошна, обумовлює особливі вимоги до виробництва та зберігання нутових снєків.

В рослинних жирах переважно містяться ненасичені жирні кислоти: олеїнова С 18:1, лінолева С 18:2, ліноленова С 18:3, арахідонова С 20:4. Ненасичені кислоти мають різний ступінь ненасиченості (кількості подвійних зв'язків між атомами вуглецю): олеїнова – 1, лінолева – 2, ліноленова – 3, арахідонова – 4. Кожна з перелічених кислот має різну здатність приєднувати кисень (окиснюватись) [5]. Олії порівняно з тваринними плавленими жирами вважаються біологічно ціннішими, за рахунок поліненасичених жирних кислот – ліноленової, арахідонової, тощо, що не синтезуються в організмі людини і тому є незамінними, як є незамінними деякі амінокислоти та вітаміни [6]. Поліненасичені жирні кислоти позитивно впливають на функціонування організму людини. Вони регулюють обмін холестерину (перетворюють холестерин у фолієві кислоти і виводять його з організму). Регулюють розвиток організму (за їх недостатнього вмісту знижуються темпи росту організму і його стійкість до ультрафіолетового та радіоактивного опромінення). Підвищують еластичність кровоносних судин [6, 7].

В процесі переробки і зберігання жиромісних продуктів або виділених з них жирів відбуваються різноманітні їх перетворення під впливом біологічних, фізичних і хімічних чинників [8, 9]. Ненасичені кислоти в процесі термічного впливу і при зберіганні можуть зазнавати деградації, в першу чергу окиснюватися за подвійним зв'язком [8–10], що призводить до прогоркання і псування продукції. Отже, сировина, що піддається термічному впливу і продукти тривалого зберігання повинні мати збалансований жирнокислотний склад, який, з одного боку, мав би корисні властивості, а з іншого – повільно деградував з часом.

Метою даної роботи було дослідження змін жирнокислотного складу нутових снєків на етапах їх виготовлення і зберігання, спрямоване на покращення якості і безпечності виробів впродовж терміну придатності.

Матеріали і методи. Зразками для дослідження слугували: олія соняшникова високоолеїнова рафінована дезодорована виморожена, виготовлена за відповідними ТУ, олії соняшникові і оливкова з торгової мережі, тісто для виготовлення нутових снєків, снєки нутові, виготовлені за відповідними ТУ.

Дослідження жирнокислотного складу проводили на газовому хроматографі «Кристалл-2000» методом газової хроматографії згідно з ДСТУ ISO 5304:2007 (ISO 15304:2002, IDT) [11].

Жир з снєків і тіста вилучали екстракцією хлороформно-етеровою сумішшю з подальшими фільтруванням і відгонкою розчинників на ротаційному вакуумному випарювачі “RVO 400” (“Ingos, s.r.o”) за температури не більше ніж 40°C.

Визначання кислотного, пероксидного та йодного чисел проводили за стандартними методиками [12–14] з використанням лабораторного посуду та реактивів:

- калію гідроксиду ч.д.а., водний розчин з концентрацією 0,1 моль/дм³;
- хлороформу технічного;
- фенолфталеїну, спиртового розчину з концентрацією 10 г/дм³;
- кислоти оцтової х.ч. льодяної;
- калію йодиду х.ч., водного розчину із масовою часткою 50–55%;
- натрію сіркуватистоокислого (натрію тіосульфату) пентагідрату водного стандарт-титр розчину молярної концентрації 0,01 моль/дм³;
- йоду, спиртового розчину молярної концентрації 0,2 моль/дм³;
- крохмалю розчинного, водного розчину із масовою часткою 0,5% та 1,0%.

Всі аналізи проводили мінімум у трьох повторях, з визначенням середньоквадратичного відхилення, яке не мало перевищувати $\pm 0,8$.

Результати та обговорення. Результати дослідження характеристик соняшникової олії, що використовується у виробництві нутових снєків, наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Жирнокислотний склад олії соняшникової високоолеїнової рафінованої дезодорованої вимороженої, що використовується для виробництва снєків

Умовне позначення кислоти	Назва кислоти	Масова частка жирної кислоти, (% до суми жирних кислот)
C 6:0	Капронова	0
C 8:0	Каприлова	0
C 10:0	Капринова	0
C 12:0	Лауринова	0
C 14:0	Міристинова	0–0,1
C 16:0	Пальмітинова	2,6–5,0
C 16:1	Пальмітолеїнова	0–0,1
C 17:0	Маргарінова	0–0,1
C 17:1	Гептадецена	0–0,1
C 18:0	Стеаринова	2,0–6,2
C 18:1	Олеїнова	75,0–90,7
C 18:2	Лінолева	2,1–17,0
C 18:3	Ліноленова	0–0,3
C 20:0	Арахінова	0,2–0,5
C 20:1	Гондоїнова	0,1–0,5
C 20:2	Ейкозадієнова	0
C 22:0	Бегенова	0,5–1,6
C 22:1	Ерукова	0–0,3
C 24:0	Лігноцеринова	0–0,5
C 24:1	Нервонова	0

враховуючи її кількісне співвідношення. Нут вносить до складу жирних кислот гондоїнову кислоту, вміст якої в соняшниковій олії незначний і яка відноситься до типу ω -9 ненасичених. Крім того, спостерігається зменшення вмісту олеїнової кислоти C18:1 з 83,8% в олії до 71,7% в снєках та збільшення цис-лінолевої C 18:2 з 6,6% до 15,4%, яке супроводжується збільшенням кількості подвійних зв'язків, що, як зазначалося вище, робить снєки більш вразливими до окисних процесів які погіршують якість продукції при зберіганні. Про це наочно свідчать результати дослідження динаміки зміни йодного, пероксидного і кислотного чисел, які характеризують стійкість жирів до псування.

Йодне число – це показник, що характеризує ненасиченість жирних кислот, які входять до складу жиру. Йодне число залежить від кількості подвійних зв'язків в жирних кислотах: з їх збільшенням йодне число зростає. Крім того, чим більше у жирі міститься ненасичених жирних кислот, тим також є його йодне число [15].

Зміна йодних чисел жирних кислот в процесі виготовлення і зберігання снєків нутових (йодне число, г/100 г): олія – 77,8; нутове тісто – 83,3; свіжі снєки – 72,4; снєки після зберігання впродовж п'яти місяців – 65,6.

Зменшення йодного числа є показником псування жиру. Первинними продуктами окиснення є *пероксиди*, що активують окиснення інших молекул. Реакція окиснення носить ланцюговий характер. Окисненню піддаються в першу чергу ненасичені жирні кислоти. Вміст пероксидних сполук в жирі оцінюють за величиною пероксидного числа. Це досить чутливий показник, і за його значенням роблять висновок про початок і глибину окиснення жиру. У свіжому жирі пероксидів немає. На початкових стадіях окиснення впродовж деякого часу хімічні і органолептичні показники жиру майже не змінюються. Цей період, що має різну тривалість, називається індукційним. Після індукційного періоду жир починає псуватися. Виявити це можна за збільшенням пероксидного числа. [16].

Фізико-хімічні показники олії соняшникової високоолеїнової рафінованої дезодорованої вимороженої, що використовується для виробництва снєків: Йодне число, г I₂/100 г – 77,8; Пероксидне число, 1/2 O ммоль/кг – 0,5; Кислотне число, мг КОН/г – 0,1

Порівняння жирнокислотного складу різних олій наведено в таблиці 2. Аналіз наведених даних свідчить, що для виробництва снєків використовується олія, яка за визначеними показниками відповідає ТУ У 10.4-00687267-001:2021 та має високу стійкість до псування у порівнянні з іншими типами соняшникової олії, оскільки за жирнокислотним складом наближається до більш дорогої оливкової олії.

Зміни жирнокислотного складу олії, тіста і снєків наведені у таблиці 3. З отриманих результатів видно, що жирнокислотний склад снєків визначається, в першу чергу, олією, що використовується у їх виробництві. Це цілком зрозуміло,

Таблиця 2

Жирнокислотний склад досліджених олій

Умовне позначення кислоти	Назва кислоти згідно з тривіальною номенклатурою	Олія соняшникова виробника (ТУ У10.4-00687267-001:2021)	Олія соняшникова Зразок 1	Олія соняшникова Зразок 2	Олія соняшникова Зразок 3	Олія оливкова
		Масова частка жирної кислоти (% до суми жирних кислот)				
C 6:0	Капронова	0	0	0	0	0
C 8:0	Каприлова	0	0	0	0	0
C 10:0	Капринова	0,01	0	0	0	0,01
C 12:0	Лауринова	0,01	0,01	0	0	0,01
C 14:0	Міристинова	0,11	0,09	0,10	0,08	0,07
C 16:0	Пальмітинова	4,20	4,40	6,64	6,53	13,59
C 16:1	Пальмітолеїнова	0,13	0,16	0,12	0	0,89
C 17:0	Маргарінова	0,03	0,02	0,03	0	0,08
C 17:1	Гептадецена	0,03	0,03	0,02	0	0,16
C 18:0	Стеаринова	2,77	2,05	3,65	4,31	2,21
C 18:1	Олеїнова	83,82	81,41	29,39	20,43	69,82
C 18:2	Лінолева	6,65	10,42	58,31	67,23	10,45
C 18:3	Ліноленова	0,27	0,26	0,14	0,12	0,32
C 20:0	Арахінова	0,25	0,18	0,24	0,24	0,43
C 20:1	Гондоїнова	0,05	0,05	0,06	0,07	0,66
C 20:2	Ейкозадієнова	0	0	0,01	0	0
C 22:0	Бегенова	0,94	0,61	0,75	0,76	0,13
C 22:1	Ерукова	0	0	0	0	0
C 24:0	Лігноцеринова	0	0	0	0,03	0,34
C 24:1	Нервонова	0	0,01	0	0,04	0

Таблиця 3

Жирнокислотний склад олії, тіста і сніків

Умовне позначення кислоти	Назва кислоти згідно з тривіальною номенклатурою	Олія соняшникова виробника ТУ У 10.4-00687267-001:2021	Тісто нутове	Снеки нутові
		Масова частка жирної кислоти (% до суми жирних кислот)		
C 6:0	Капронова	0	0	0,02
C 8:0	Каприлова	0	0,02	0,02
C 10:0	Капринова	0	0,03	0,02
C 12:0	Лауринова	0	0	0,07
C 14:0	Міристинова	0,11	0,11	0,14
C 16:0	Пальмітинова	4,20	4,71	5,65
C 16:1	Пальмітолеїнова	0,13	0,14	0,04
C 17:0	Маргарінова	0,03	0,03	0,03
C 17:1	Гептадецена	0,03	0,04	0,02
C 18:0	Стеаринова	2,77	2,64	2,44
C 18:1	Олеїнова	83,82	80,13	71,71
C 18:2	Лінолева	6,65	9,95	15,43
C 18:3	Ліноленова	0,27	0,30	0,39
C 20:0	Арахінова	0,25	0,29	0,22
C 20:1	Гондоїнова	0,05	0,18	2,53
C 20:2	Ейкозадієнова	0	0	0
C 22:0	Бегенова	0,94	1,00	0,81
C 22:1	Ерукова	0	0	0
C 24:0	Лігноцеринова	0	0	0
C 24:1	Нервонова	0	0	0

Зміна пероксидних чисел жирних кислот в процесі виготовлення і зберігання сніків нутових (пероксидне число, $\frac{1}{2}$ О ммоль/кг): олія – 0,5; нутове тісто – 0,6; свіжі сніки – 7,4; сніки після зберігання впродовж п'яти місяців – 29,2.

Кислотне число є одним з основних якісних показників, що характеризують ступінь свіжості жиру. У разі неправильного зберігання кількість вільних жирних кислот зростає, і подальше їх окиснення призводить до появи дефектів смаку та запаху, чи навіть до непридатності жиру для харчових цілей [17].

Зміна кислотних чисел жирних кислот в процесі виготовлення і зберігання сніків нутових (кислотне число, мг КОН/г): олія – 0,1; нутове тісто – 1,6; свіжі сніки – 1,8; сніки після зберігання впродовж п'яти місяців – 2,2.

При контакті з повітрям в процесі підготовки і зберігання тіста, ферменти, що містяться в нуті, спричиняють деградацію ненасичених кислот.

Такі ж самі процеси спостерігаються при зберіганні готових сніків. Подвійні зв'язки в кислотах руйнуються, про що свідчить зменшення йодного числа. Кількість продуктів деструкції збільшується. Ці процеси спричиняють погіршення якості продукції і обумовлюють граничний термін її зберігання.

Втім, максимальна зміна цих показників спостерігається ще на етапі виробництва і лише меншою мірою при зберіганні готових виробів (рис. 1)

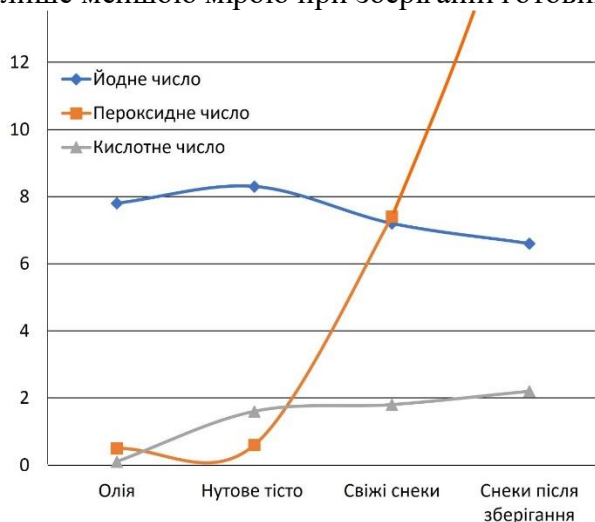


Рис. 1. Динаміка показників жирнокислотного складу сировини, нутового тіста та готових сніків

терміну зберігання і призводять до критичного погіршення якості і харчової безпечності продукції вже на п'ятому місяці зберігання. Отже, можна припустити, що ключем для збереження якості продукції впродовж терміну зберігання є зниження ферментативної активності нутового тіста, що і зумовлює подальший напрямок досліджень.

Бібліографія

1. Petrusán J.-I., Rawel H., Huschek, G. Protein-rich vegetal sources and trends in human nutrition: A review. *Current Topics in Peptide and Protein Research*. 2016. Vol. 17. P. 1–19. <https://www.researchgate.net/publication/314465563>.
2. Jukanti A.K., Gaur P.M., Gowda C.L.L., Chibbar R.N. Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): a review. *British Journal of Nutrition*. 2012. V. 108. I. S1. P. S11–S26. 10.1017/S0007114512000797.
3. 31 Easy Chickpea Recipes. <https://www.loveandlemons.com/chickpea-recipes/> (27.05.2025).
4. Begum Nabila, Khan Qudrat, Liu Leyna, Li Wenwen, Liu Dahai, ul Haq Ijaz. Nutritional composition, health benefits and bio-active compounds of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Frontiers in Nutrition*. 2023. V. 10. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1218468>
5. Lichtenstein A. H. Lipids (fats and oils). Editor(s): Benjamin Caballero. *Encyclopedia of Human Nutrition* (Fourth Edition), Academic Press, 2023, P. 291–300, ISBN 9780323908160, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821848-8.00013-5>

6. Petersen K. S., Maki K. C., Calder P. C., Belury M. A., Messina M., Kirkpatrick F. C., Harris W. S. Perspective on the health effects of unsaturated fatty acids and commonly consumed plant oils high in unsaturated fat. *British Journal of Nutrition*. 2024. V. 132. Is. 8. P. 1039–1050. <https://doi.org/10.1017/S0007114524002459>.
7. Lunn, J., Theobald, H.E. The health effects of dietary unsaturated fatty acids. *Nutrition Bulletin*. 2006. V. 31. P. 178 - 224. <https://doi.org/10.1111/j.1467-3010.2006.00571.x>.
8. Geng L., Liu K., Zhang H. Lipid oxidation in foods and its implications on proteins. *Frontiers in Nutrition*. 2023. V.10. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1192199>.
9. Dan W., Huaming X., Xin L., Hong C., Fang W. Lipid oxidation in food science and nutritional health: A comprehensive review, *Oil Crop Science*, V. 8. Is. 1. P. 35–44, <https://doi.org/10.1016/j.ocsci.2023.02.002>.
10. Ahmed M., Pickova J., Ahmad T., Liaquat M., Farid A., Jahangir M. Oxidation of lipids in foods. *Sarhad Journal of Agriculture*, 2016. V. 32. Is. 3. P. 230–238. <https://dx.doi.org/10.17582/journal.sja/2016.32.3.230.238>.
11. ДСТУ ISO 5304:2007 Жири тваринні і рослинні та олії. Визначення вмісту трансізомерів жирних кислот у рослинних жирах та оліях методом газової хроматографії (ISO 15304:2002, IDT). https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=93030.
12. ДСТУ 4350:2004 Олії. Методи визначання кислотного числа (ISO 660:1996, NEQ). https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=74259.
13. ДСТУ 4570:2006 Жири рослинні та олії. Метод визначання пероксидного числа. https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=72100.
14. ДСТУ 4569:2006 Жири тваринні і рослинні та олії. Методи визначання йодного числа. https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=92574.
15. Adekunle K. A Review of Vegetable Oil-Based Polymers: Synthesis and Applications. *Open Journal of Polymer Chemistry*. 2015. V. 5. P. 34–40. <https://doi.org/10.4236/ojpcchem.2015.53004>.
16. Kong F., Singh R.P. 12 – Advances in instrumental methods to determine food quality deterioration. Editor(s): Kilcast D., Subramaniam P. In *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, Food and Beverage Stability and Shelf Life*, Woodhead Publishing. 2011. P. 381–404, <https://doi.org/10.1533/9780857092540.2.381>.
17. Konkubaeva N., Kulmyrzaev A., Deydiev A., Radenkovs V., Galoburda R. Effect of Storage Period on Acid Value and Sensory Attributes of Puffed Wheat Grains ‘Badyrak Vanilla’ and ‘Badyrak with Whey’. *Rural Sustainability Research*. 2023. V. 49. Is. 344. P. 40–47. <https://doi.org/10.2478/plua-2023-0006>.

References

1. Petrusán, J.-I., Rawel, H. & Huschek, G. (2016). Protein-rich vegetal sources and trends in human nutrition: A review. *Current Topics in Peptide and Protein Research*, Vol. 17, P. 1–19. <https://www.researchgate.net/publication/314465563>.
2. Jukanti, A.K., Gaur, P.M., Gowda, C.L.L., Chibbar, R.N. (2012). Nutritional Quality and Health Benefits of Chickpea (*Cicer Arietinum* L.): A Review. *The British journal of nutrition* V. 108, I. S1, P. S11–S26. <https://doi.org/10.1017/S0007114512000797>.
3. 31 Easy Chickpea Recipes. <https://www.loveandlemons.com/chickpea-recipes/> (27.05.2025).
4. Begum N, Khan QU, Liu LG, Li W, Liu D and Haq IU (2023) Nutritional composition, health benefits and bio-active compounds of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Front. Nutr.* V. 10:1218468. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1218468>.
5. Lichtenstein, A. H., (Caballero, B. Ed) (2023). Lipids (fats and oils). *Encyclopedia of Human Nutrition* (Fourth Edition). Academic Press. P. 291–300. ISBN 9780323908160. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821848-8.00013-5>.
6. Petersen, K. S., Maki, K. C., Calder, P. C., Belury, M. A., Messina, M., Kirkpatrick, F. C., Harris, W. S. (2024). Perspective on the health effects of unsaturated fatty acids and commonly consumed plant oils high in unsaturated fat. *British Journal of Nutrition*. V. 132, Is. 8, P. 1039–1050. <https://doi.org/10.1017/S0007114524002459>.
7. Lunn, J., Theobald, H.E. (2006). The health effects of dietary unsaturated fatty acids. *Nutrition Bulletin*. V. 31, P. 178 - 224. <https://doi.org/10.1111/j.1467-3010.2006.00571.x>.
8. Geng, L., Liu, K., Zhang, H. (2023). Lipid oxidation in foods and its implications on proteins. *Frontiers in Nutrition*. V.10. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1192199>.
9. Dan, W., Huaming, X., Xin, L., Hong, C., Fang, W. (2023). Lipid oxidation in food science and nutritional health: A comprehensive review, *Oil Crop Science*. V. 8, Is. 1, P. 35–44, <https://doi.org/10.1016/j.ocsci.2023.02.002>.
10. Ahmed, M., Pickova, J., Ahmad, T., Liaquat, M., Farid, A., Jahangir, M. (2016) Oxidation of lipids in foods. *Sarhad Journal of Agriculture*, V. 32, Is. 3, P. 230–238. <https://dx.doi.org/10.17582/journal.sja/2016.32.3.230.238>.
11. DSTU ISO 5304:2007 Zhyry tvarynni i roslynni ta olii. Vyznachennia vmistu transizomeriv zhyrnykh kyslot u roslynnnykh zhyrakh ta oliiakh metodom gazovoi khromatografii (ISO 15304:2002,

IDT). [Animal and vegetable fats and oils. Determination of the content of trans-isomers of fatty acids in vegetable fats and oils by gas chromatography] https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=93030 [In Ukrainian].

12. DSTU 4350:2004 Olii. Metody vyznachannia kyslotnogo chysla (ISO 660:1996, NEQ). [Oils. Methods for determining acid value] https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=74259 [In Ukrainian].

13. DSTU 4570:2006 Zhyry roslynni ta olii. Metod vyznachannia peroksydnogo chysla. [Vegetable fats and oils. Method for determining peroxide value.] https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=72100 [In Ukrainian].

14. DSTU 4569:2006 Zhyry tvarynni i roslynni ta olii. Metody vyznachannia yodnogo chysla. [Animal and vegetable fats and oils. Methods for determining iodine value.] https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=92574 [In Ukrainian].

15. Adekunle, K. (2015). A Review of Vegetable Oil-Based Polymers: Synthesis and Applications. Open Journal of Polymer Chemistry. V. 5, P. 34–40. <https://doi.org/10.4236/ojpchem.2015.53004>.

16. Kong, F., Singh, R.P., (Kilcast, D., Subramaniam, P. Eds) (2011). 12 – Advances in instrumental methods to determine food quality deterioration, In Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, Food and Beverage Stability and Shelf Life, Woodhead Publishing, P. 381–404, <https://doi.org/10.1533/9780857092540.2.381>.

17. Konkubaeva, N., Kulmyrzaev, A., Deydiev, A., Radenkovs, V., Galoburda, R. (2023) Effect of Storage Period on Acid Value and Sensory Attributes of Puffed Wheat Grains ‘Badyrak Vanilla’ and ‘Badyrak with Whey’. Rural Sustainability Research. V. 49, Is. 344, P. 40–47. <https://doi.org/10.2478/plua-2023-0006>.