

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

Бочкарев Сергій Володимирович

УДК 664.346

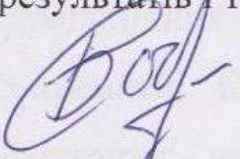
ДИСЕРТАЦІЯ

ТЕХНОЛОГІЯ БІЛКОВО-ЖИРОВОЇ СУМІШІ
ПІДВИЩЕНОЇ ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ
СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Спеціальність 05.18.06 – технологія жирів, ефірних масел і
парфумерно-косметичних продуктів
18 – виробництво та технології

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

 С.В. Бочкарев

Науковий керівник: Кричківська Лідія Василівна, д.б.н., професор



*Згодом згодом за змістом з іншими
риями ривками дисертації засвідчую
Великий секретар спеціалізованої
ради Д 64.050.05 Арутюнян Т.В.*

АНОТАЦІЯ

Бочкарев С.В. Технологія білково-жирової суміші підвищеної харчової цінності спеціального призначення. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 05.18.06 «Технологія жирів, ефірних масел і парфумерно-косметичних продуктів» (18 – Виробництво та технології). – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Міністерства освіти і науки України, Харків, 2019.

Дисертацію присвячено науковому обґрунтуванню та розробці технології білково-жирових сумішей підвищеної харчової цінності. Актуальність теми дослідження пов'язана з тим, що дотепер практично немає вітчизняних спеціалізованих продуктів, зокрема для харчування спортсменів. Відомо, що найбільш важливими нутрієнтами для відновлення організму спортсмена є білки з певним співвідношенням амінокислот, поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК) ω -3 групи, вітаміни та мінеральні речовини, які в недостатній кількості присутні в традиційних харчових продуктах. Тому часто спортсмени змушені вживати різноманітні біологічно активні добавки, що позиціонуються як спортивне харчування, нормативна база яких в Україні відсутня. Створення новітніх білково-жирових продуктів на науково обґрунтованій основі збагатить раціон харчування спортсменів, що, в свою чергу, позитивно вплине на повноцінне тренування та покращення спортивних результатів. Перспективною сировинною базою для означених продуктів, які є концентрованим джерелом поживних речовин, зокрема, незамінних нутрієнтів, є олійне насіння. Розробка науково обґрунтованої технології білково-жирових сумішей підвищеної харчової цінності для харчування спортсменів є актуальним науковим завданням, яке вирішується в дисертаційній роботі.

Актуальність теми та вагомість результатів дисертаційної роботи підтверджується тим, що вона виконувалась згідно плану проведення науково-дослідних робіт Українського науково-дослідного інституту олій та жирів (м. Харків) у рамках держбюджетних науково-дослідних робіт НААН України: «Розробка білково-жирової основи для раціонального харчування спортсменів» (ДР № 0117U002374) та «Розробка способу інактивації інгібіторів протеїназ в білково-жировій основі для раціонального харчування» (ДР № 0116U000178), де здобувач був відповідальним виконавцем окремих етапів роботи.

Практичне значення роботи для олійножирової промисловості полягає в обґрунтуванні раціонального співвідношення компонентів білково-жирової суміші (насіння льону, кунжуту, соняшника та кукурудзяної олії) для харчування спортсменів, яке є ефективним за вмістом незамінних амінокислот з розгалуженим ланцюгом (лейцином, ізолейцином, валіном) та триптофаном, максимально збагачене ПНЖК ω -3 групи та рослинними антиоксидантами; визначенні технологічних умов її обробки надвисокочастотним випромінюванням для збільшення харчової цінності; обґрунтуванні рецептур кремкових цукерок типу «трюфель» і шоколадної пасти, збагачених білково-жировою сумішшю. Розроблено та узгоджено проект технічних умов: ТУ У 10.86.1 – 02071180.001:2018 «Білково-жирові суміші з олійного насіння». Проведено апробацію виробництва білково-жирової суміші з насіння льону, кунжуту, соняшника та рафінованої дезодорованої кукурудзяної олії, а також шоколадної пасти, збагаченої білково-жировою сумішшю, в промислових умовах ТОВ «Вегетус» (м. Харків). Результати дисертаційних досліджень впроваджено в навчальний процес кафедри органічного синтезу і нанотехнологій НТУ «ХПІ» під час викладання дисциплін «Хімічні технології харчових добавок та косметичних засобів», «Розробка комплексних харчових добавок» та «Застосування харчових добавок», в курсовому та дипломному проектуванні, а також у науково-дослідній роботі студентів.

У дисертаційній роботі вперше одержано нові наукові дані щодо особливостей складу жирних кислот, стеринової фракції, комплексу антиоксидантів, амінокислот білків та сортових особливостей до накопичення ксенобіотиків насіння досліджених олійних культур, адаптованих до вирощування в Україні; науково обґрунтовано склад білково-жирової суміші (насіння льону, кунжуту, соняшника та кукурудзяної олії) спеціального призначення, яка є ефективною за вмістом есенціальних жирних кислот, незамінних амінокислот та рослинних антиоксидантів; експериментально визначено у вигляді апроксимаційних моделей залежність періоду індукції окиснення ліпідів білково-жирової суміші від вмісту сезамолу, сезамоліну, α -ліноленової жирної кислоти та масової частки вологи.

У дисертаційній роботі набуло подальшого розвитку експериментальне обґрунтування високої харчової цінності насіння олійних культур – соняшника, льону та кунжуту не тільки як джерела есенціальних жирних кислот, але й незамінних амінокислот – лейцину, ізолейцину і валіну; застосування надвисокочастотного випромінювання та зволоження олійної сировини для зниження активності інгібіторів протеолітичних ферментів і збільшення засвоюваності компонентів білково-жирової суміші.

Компонентами білково-жирової суміші обрано підсушене насіння льону, кунжуту та соняшника. Вибір обґрунтовано тим, що насіння цих олійних культур поки ще не містить модифікованих генів і може стати джерелом білків рослинного походження, есенціальних ПНЖК, мікроелементів, а також низки цінних сполук, які потрібні для здоров'я спортсменів. Досліджено загальний хімічний склад, жирнокислотний склад, склад стеринової і токоферольної фракцій, амінокислотний, вітамінний та мінеральний склад насіння льону (сорт Південна ніч, Ківіка, Симпатік), кунжуту (сорт Ілона, Кадет, Боярин) та соняшника (кондитерські сорти Лакомка, Алмаз, Запорізький кондитерський), адаптованих до вирощування в Україні. Насіння льону характеризується найбільшим вмістом α -ліноленової кислоти. Кунжутне насіння містить

антиоксиданти сезамол і токоферолі. Сезамол здатен посилювати антиокиснювальну дію токоферолів в оліях, а тому такий комплекс можна пропонувати для використання як антиоксиданту в жирових продуктах для спортсменів. В свою чергу, соняшникове насіння містить значну кількість токоферолів. Обране олійне насіння також містить фітостерини, які мають низку лікувально-профілактичних властивостей, зокрема знижують рівень загального холестерину в організмі. Сировина багата на амінокислоти лейцин, ізолейцин, валін, які є незамінним матеріалом для побудови м'язової тканини та приймають участь у процесах її анаболізму й відновлення. Саме ці амінокислоти в плазмі крові людини конкурують з амінокислотою триптофан, що визначає швидкість проникнення триптофану в мозок і зниження моторної активності та працездатності, тобто виникнення втоми. Насіння олійних культур обраних сортів містить значну кількість вітамінів групи В та вітаміну Е. Проаналізовано здатність олійного насіння обраних сортів щодо накопичення токсичних речовин, а саме важких металів та нітратів. Результати досліджень свідчать про те, що кількість солей важких металів – міді, цинку, свинцю та кадмію, а також і нітратів в усіх сортах значно менша за ГДК. В результаті аналізу отриманих даних як сировину для виробництва білково-жирової суміші обрано наступні сорти олійного насіння: Південна ніч (льон), Ілона (кунжут), Лакомка (соняшник).

Науково обґрунтовано склад білково-жирової суміші підвищеної харчової цінності спеціального призначення: насіння льону – $51,00 \pm 2,55$ %; насіння кунжуту – $21,25 \pm 1,06$ %; насіння соняшника – $12,75 \pm 0,63$ %, рафінована дезодорована кукурудзяна олія – $15,00 \pm 0,75$ %. Вміст жиру в суміші становить $55,92 \pm 2,80$ %, вміст білку – $17,50 \pm 0,88$ %. Співвідношення лінолевої та α -ліноленової жирних кислот у суміші становить близько 1,2 : 1,0; а незамінні амінокислоти з розгалуженим ланцюгом знаходяться в співвідношенні лейцин : ізолейцин : валін, яке дорівнює близько 2,0 : 1,2 : 1,4. Визначено органолептичні, фізико-хімічні та технологічні показники якості білково-жирової суміші. Розраховано залежність періоду індукції окиснення ліпідів білково-

жирової суміші в закритій тарі від температури зберігання. Встановлено, що період індукції окиснення ліпідів білково-жирової суміші за 85 ± 2 °C при запропонованому співвідношенні компонентів знаходиться в інтервалі 175 – 195 хв., що перевищує приблизно в 2,7 – 3,0 рази – період індукції окиснення лляного насіння як найбільш термолабільного компоненту та приблизно в 1,3–1,4 рази період індукції соняшникового насіння. Окисну стабільність білково-жирової суміші гарантує те, що при виготовленні її використано компоненти, що не піддавалися тривалій температурній обробці. Але присутність в складі олійного насіння інгібіторів протеолітичних ферментів знижують засвоєння білка організмом та істотно обмежують його застосування в харчовій промисловості. У зв'язку з цим розроблено технологічне рішення щодо зниження активності інгібіторів протеолітичних ферментів олійної сировини білково-жирової суміші для максимально можливого збільшення її харчової цінності, яке полягає в її зволоженні та обробці надвисокочастотним випромінюванням ($\nu = 2450$ МГц). Експериментально встановлено раціональні умови обробки олійної сировини: зволоження до вмісту вологи 11 – 13 % і час обробки надвисокочастотним випромінюванням 210 – 260 с, що дозволить підвищити біологічну цінність суміші, а саме збільшити ступінь розщеплення і засвоюваності білків у шлунково-кишковому тракті.

Запропоновано технологічну схему виробництва білково-жирової суміші підвищеної харчової цінності на основі олійної сировини, розроблено та узгоджено проект технічних умов ТУ. У. 10.86.1 – 02071180.001:2018 на білково-жирові суміші з олійного насіння.

Науково обґрунтовано рецептури жировмісних кондитерських виробів – кремової цукеркової маси для виробництва цукерок типу «трюфель» і шоколадної пасти з додаванням 15 % білково-жирової суміші підвищеної харчової цінності. Експериментально доведено, що періоди індукції цукеркової маси і шоколадної пасти запропонованого складу перевищують контрольні показники на 44 і 55 % відповідно. Для визначення впливу білково-жирової суміші на споживчі

властивості кондитерських виробів проведено органолептичну оцінку дослідних зразків, на базі якої виявлено, що використання білково-жирової суміші в складі кремових цукеркових мас і шоколадної пасти впливає на такі органолептичні показники як смак і аромат, які у дослідних зразків вище, ніж у контрольних. Зокрема, в дослідних зразках кондитерських виробів проявляється характерний пікантний горіховий аромат і смак; довше зберігається відчуття «наповненості» у роті («*mouth-feeling*»). Подальше збільшення вмісту суміші – понад 15 % – приводить до появи борошнистого присмаку і характерного аромату лляного насіння. Виходячи з результатів органолептичної оцінки, обрано ефективну концентрацію білково-жирової суміші в кондитерських виробках на рівні 15 %. Результати визначення фізико-хімічних показників якості кондитерських виробів свідчать, що при додаванні в кремону конфетну масу і шоколадну пасту 15 % білково-жирової суміші зміна масової частки вологи та масової частки жиру відбувається в рамках нормованих величин. Зниження вмісту загального цукру не впливає на органолептичні властивості кондитерських виробів, але знижує собівартість продукції. Розроблені продукти порівняно з контролем мають вищий вміст незамінних амінокислот, змінюється їх ліпідний склад – значною мірою зростає вміст ПНЖК ω -3 групи. У складі розроблених кондитерських виробів також присутня значна кількість харчових волокон – нутрієнту, який прискорює відчуття насичення, а також є фактором формування нормальної кишкової мікрофлори і попередження ожиріння.

Ключові слова: білково-жирова суміш підвищеної харчової цінності, олійне насіння, поліненасичені жирні кислоти, незамінні амінокислоти, сезамол, сезамолін.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

1. Бочкарев, С. В., Папченко, В. Ю., Матвеева, Т. В., Руднев, В. А., Белінська, А. П. (2016). Розробка білково-жирової основи цукристих кондитерських виробів для харчування спортсменів. *Технологічний аудит та резерви виробництва*, 5/3 (31), 58–64.

2. Bochkarev, S., Matveeva, T., Krichkovska, L., Petrova, I., Petrov, S., Belinska A. (2017). Research of the oilseeds ratio on the oxidative stability of the protein-fat base for sportsmen. *Технологічний аудит та резерви виробництва*, 2/3 (34), 8–12.

3. Bochkarev, S., Krichkovska, L., Petrova, I., Petrov, S., Varankina, O., Belinska, A. (2017). Research of influence of technological processing parameters of protein-fat base for supply of sportsmen on activity of protease inhibitors. *Технологічний аудит та резерви виробництва*, 4/3 (36), 27–30.

4. Bochkarev, S., Cherevichna, N., Petik, I., Belinska, A., Varankina, O., Zakhozhyi, O., Ilina, O., Shyroкова, O. (2017). Development and research candies with increased biological value with protein-fat composite. *Eureka: Life Sciences*, 6, 16–21.

5. Бочкарев, С. В., Кричківська, Л. В., Трошин, О. Г., Петік, І. П., Белінська, А. П. (2018). Розробка рецептури шоколадної пасти для харчування спортсменів. *Інтегровані технології та енергозбереження*, 1, 70-77.

6. Bochkarev, S., Varankina, O., Bielykh, I., Samoilenko, S., Zviahintseva, O. (2018). Correction of technological quality control parameters of the protein-fat mixture by the composition expanding. *Технологічний аудит та резерви виробництва*, 5/3 (43), 30–33.

7. Белінська А.П., Матвеева Т.В., Папченко В.Ю., Бочкарев С.В. (2018). Розробка на основі олій та насіння олійних культур продуктів для харчування спортсменів. *Вісник аграрної науки*, 11, 192-196.

8. Бочкарев, С. В., Кричківська, Л. В., Папченко, В. Ю., Матвеева, Т. В., Белінська, А. П. (2016). Патент України UA 111548 U. Олієвмісний харчовий

продукт, збагачений незамінними амінокислотами і поліненасиченими жирними кислотами. Київ: Державна служба інтелектуальної власності України.

9. Белінська, А. П., Матвеева, Т. В., Папченко, В. Ю., Бочкарев, С.В.(2017). Створення білково-жирових основ харчових продуктів для спортсменів. *Інноваційні технології: актуальні питання науки та практики*, 1, 52-65.

10. Бочкарев, С. В., Кричковська, Л. В., Матвеева Т. В. (2016). *Обґрунтування компонентного складу спеціалізованого жирового продукту підвищеної біологічної цінності*, Матеріали за 12-а міжнародна научна практична конференція «Бъдещите изследвания». София: «БялГРАД-БГ» ООД.

11. Бочкарев, С. В., Кричковська, Л. В., Матвеева, Т. В., Федякіна, З. П., Кумов, А. Г. (2016). *Використання спеціалізованого білково-жирового продукту в технології кондитерських виробів*, Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології: Наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я». Харків: НТУ «ХП».

12. Бочкарев, С. В., Кричковська, Л. В., Радзієвська, І. Г., Чікалов, Є. В. (2016). *Дослідження окисної стабільності спеціалізованого білково-жирового продукту*, Матеріали 82-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді - вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті». Київ: НУХТ.

13. Бочкарев, С. В., Кричковська, Л. В., Радзієвська, І. Г. (2016). *Дослідження органолептичних та фізико-хімічних показників білково-жирової основи для продуктів спортивного харчування*, Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека». Київ: НУХТ.

14. Бочкарев, С. В., Кричковська, Л. В., Матвеева, Т. В., Папченко, В. Ю. (2016). *Білково-жирова основа як інгредієнт продуктів оздоровчого харчування*, Анотації доповідей IX Міжнародної науково-практичної конференції «Масложировая отрасль: технологии и рынок». Київ: УкрНДІОЖ.

15. Бочкарев, С. В. Кричковська, Л. В., Крячко, Є. В. (2016). *Насіння олійних*

культур – джерело есенціальних нутрієнтів у харчуванні спортсменів, Матеріали 4-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Хімія, біо- і нанотехнології, екологія і економіка в пищевій і косметическій промисленности». Харків: НТУ «ХП».

16. Кузьмініх, В. Е., Бочкарев, С. В. (2017). *Аналитический контроль продуктів спортивного питания*, Матеріали Х української наукової конференції студентів, аспірантів і молодих учених з міжнародною участю «Хімічні проблеми сьогодення». Вінниця: Донецький національний університет ім. Василя Стуса.

17. Бочкарев, С. В., Кричковська, Л. В., Матвеева, Т. В. (2017). *Окисна стабільність цукрової маси на основі суміші насіння олійних культур*, Матеріали XXV Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології: Наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я». Харків: НТУ «ХП».

18. Бочкарев, С. В., Кричковська, Л. В., Анан'єва, В. В., Белінська, А. П., Радзієвська, І. Г. (2017). *Активність інгібіторів протеаз як складова біологічної цінності білково-жирової основи для харчування спортсменів*, Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції «Хімія, біо- і нанотехнології, екологія і економіка в пищевій і косметическій промисленности». Харків: НТУ «ХП».

19. Бочкарев С.В. (2018). *Білково-жирові суміші підвищеної харчової цінності в технології шоколадних паст*, Матеріали XXVI Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології: Наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я». Харків: НТУ «ХП».

ANNOTATION

Bochkarev S.V. Technology of protein-fat mixture with increased nutritional value for special purpose. – Qualifying scientific work at the manuscript.

The dissertation for obtaining the scientific degree of candidate of technical sciences (PhD.) in the specialty 05.18.06 – technology of fats, essential oils and perfumery and cosmetic products. – National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute», Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2019.

The dissertation is devoted to scientific substantiation and development of the technology of protein-fat mixtures of increased nutritional value. The relevance of the research topic is related to the fact that up to now there are practically no domestic specialized products in particular for nutrition of sportsmen. It is known that the most important nutrients for the recovery of the athlete's organism are proteins with a certain ratio of amino acids, polyunsaturated fatty acids (PUFA) ω -3 groups, vitamins and minerals that are present in insufficient amounts in traditional foods. Therefore, athletes are often forced to take various dietary supplements, which are positioned as sports nutrition, and there is no regulatory framework for these products in Ukraine. Creating the newest protein-fat products on a scientifically based basis will enrich the diet of athletes, which, in turn, will positively affect the full-fledged training and improved athletic performance. Oilseeds are a promising raw material base for these products, which are a concentrated source of nutrients, in particular, essential nutrients. The development of scientifically based technology of protein-fat mixtures of increased nutritional value for sportsmen is a relevant scientific task, which is solved in the dissertation.

Relevancy of a subject and significance of dissertation is confirmed by the fact that it has been carried out according to the plan of researches of the Ukrainian research institute of oils and fats (Kharkiv) within the state budgetary research of NAAS of Ukraine: «Development of a protein-fat base for rational nutrition of athletes»

(RW № 0117U002374) and «Development of a method for inactivating proteinase inhibitors in a protein-fat base for a balanced nutrition» (RW № 0116U000178), where the applicant was an executive of separate stages of work..

Practical value of work for the oil and fat industry consists in justify the rational ratio of the components of the protein-fat mixture (flax, sesame, sunflower and corn oil) for nutrition of athletes, which is effective for essential amino acids with branched chain (leucine, isoleucine, valine) and tryptophan, the most enriched with PUFA ω -3 groups and plant antioxidants; in determining the technological conditions of its processing by microwave radiation to increase the nutritional value; in substantiation of the recipes of «truffle» cream candies and chocolate paste enriched with protein-fat mixture. The draft technical specification TU U 10.86.1 – 02071180.001:2018 «Protein-fat mixtures from oilseeds» was developed and agreed. Approbation of the production of protein-fat mixture from flax seeds, sesame, sunflower and refined deodorized corn oil, as well as chocolate paste, enriched with protein-fat mixture, was conducted in industrial conditions of Vegetus LLC (Kharkiv). Results of dissertation researches were introduced in educational process of organic synthesis and nanotechnologies department of NTU «KPI» when teaching disciplines «Chemical technologies of food additives and cosmetics», «Development of complex food additives» and «Use of food additives», in course and degree design, as well as in a students research work.

For the first time, new scientific data on the composition of fatty acids, sterol fraction, antioxidant complex, amino acid composition and varietal characteristics to the accumulation xenobiotics in oilseeds adapted for cultivation in Ukraine has been obtained; scientifically based composition of protein-fat mixture for special purposes (flax seeds, sesame, sunflower and corn oil), which is effective relative to the content of essential fatty acids, essential amino acids and plant antioxidants; the dependence of the induction period of lipid oxidation of the protein-fat mixture on the content of sesamol, sesamolin, α -linolenic fatty acid and the mass fraction of moisture in the form of approximation models was experimentally determined.

The experimental substantiation of the high nutritional value of oilseeds – sunflower, flax, and sesame, – not only as sources of essential fatty acids, but also

essential amino acids – leucine, isoleucine, and valine, – received further development; the use of microwave radiation and wetting oilseeds to reduce the activity of inhibitors of proteolytic enzymes and increase the digestibility of the components of the protein-fat mixture were received further development in the thesis.

The dried flax, sesame and sunflower seeds were selected as components of the protein-fat mixture. The choice is justified by the fact that the seeds of these oilseeds still do not contain modified genes and can become a source of plant-derived proteins, essential PUFAs, trace elements, as well as a number of valuable compounds necessary for the health of athletes. The overall chemical composition, fatty acid composition, composition of sterol and tocopherol fractions, amino acid, vitamin and mineral composition of flax seeds (Southern Night, Civica, Sympatik), sesame (Ilona, Cadet, Boyarin) and sunflower varieties (confectionery varieties Lakomka, Almaz, Zaporizkyi kondyterskyi), adapted to growing in Ukraine, were investigated. Flax seeds are characterized by the highest content of α -linolenic acid. Sesame seed contains antioxidants sesamol and tocopherols. Sesamol is able to enhance the antioxidant effect of tocopherols in oils, so this complex can be offered for use as an antioxidant in fatty products for athletes. In turn, sunflower seeds contain significant amounts of tocopherols. Selected oilseeds also contain phytosterols, which have a number of therapeutic and prophylactic properties, in particular, reduce the level of total cholesterol in the body. Raw materials are rich in amino acids (leucine, isoleucine, valine), which are indispensable materials for building muscle tissue and are involved in the processes of its anabolism and recovery. It is these amino acids in human blood plasma that compete with tryptophan amino acid, which determines the rate of tryptophan penetration into the brain and the decrease in physical activity and efficiency, that is, the occurrence of fatigue. Seeds of oilseeds of selected varieties contain significant amounts of B vitamins and E vitamin. The ability of oilseeds of selected varieties of accumulation of toxic substances, namely heavy metals and nitrates was analyzed. Research results indicate that the amount of salts of heavy metals – copper, zinc, lead and cadmium, – as well as nitrates in all grades is much less than the MPC. As a result of the analysis of the obtained data the following varieties of oilseeds

were selected as raw materials for the production of protein-fat mixture: Southern night (flax), Ilona (sesame), Lakomka (sunflower).

The composition of protein-fat mixture of increased nutritional value of special purpose was scientifically substantiated: flax seeds – 51.00 ± 2.55 %; sesame seeds – 21.25 ± 1.06 %; sunflower seeds – 12.75 ± 0.63 %, refined deodorized corn oil – 15.00 ± 0.75 %. The fat content in the mixture is 55.92 ± 2.80 %, the protein content was 17.50 ± 0.88 %. The ratio of linoleic and α -linolenic fatty acids in the mixture was about 1.2: 1.0; and the essential branched-chain amino acids (leucine: isoleucine: valine) were in the 2.0 : 1.2 : 1.4 ratio. Organoleptic, physico-chemical and technological quality control parameters of the protein-fat mixture were determined. The dependence of the induction period of lipid oxidation of protein-fat mixture in a closed container from storage temperature was calculated. It was established that the induction period of lipid oxidation of protein-fat mixture with the proposed ratio of components was in the range of 175–195 minutes at 85 ± 2 °C, which was about 2.7–3.0 times longer than the induction period of flaxseed component and about 1.3–1.4 times – the induction period of sunflower seeds. The oxidative stability of the protein-fat mixture was ensured by the fact that components, which were used in its manufacture, had not been subjected to prolonged heat treatment. But the presence of proteolytic enzymes inhibitors in the composition of oil seeds reduces the digestion of protein by the body and significantly limits its use in the food industry. In this regard, a technological solution to reduce the activity of proteolytic enzymes inhibitors of oilseeds of protein-fat mixture to maximize its nutritional value has been developed. This solution consists in its wetting and processing by microwave radiation ($\nu = 2450$ MHz). Rational conditions of oilseeds processing (hydration to 11–13 % moisture content and 210–260 s microwave radiation processing time) were experimentally established. These conditions will increase the biological value of the mixture, namely, increase the degree of cleavage and digestibility of proteins in the gastrointestinal tract.

The technological scheme for the production of a protein-fat mixture of increased nutritional value based on oilseeds was proposed, a draft technical specification

TU U 10.86.1 – 02071180.001:2018 for protein-oil mixtures from oilseeds was developed and agreed upon.

Recipes of fat-containing confectionery – cream candy mass for the production of truffle-type sweets and chocolate paste with the addition of 15 % protein-fat mixture of high nutritional value were scientifically substantiated. It was experimentally proved that the induction periods of the candy mass and chocolate paste of the proposed composition exceed the control values by 44 and 55 %, respectively. The organoleptic evaluation of test samples was carried out to determine the effect of protein-fat mixture on consumer properties of confectionery products. Based on its results it was determined that the use of protein-fat mixture in cream candy masses and chocolate paste influenced on such organoleptic indicators like taste and aroma that were higher than in control samples. In particular, there were a characteristic savory nutty aroma and taste, longer remains «mouth-feeling» in the prototypes of confectionery products. A further increase in the content of the mixture – more than 15 % – led to the appearance of a mealy taste and characteristic aroma of flaxseed. The effective concentration of the protein-fat mixture in the confectionery products was chosen at the level of 15 % based on the results of the organoleptic assessment. The results of determining the physico-chemical quality control parameters of confectionery indicated that when 15% of the protein-fat mixture was added to a creamy candy mass and chocolate paste, the change in the mass fraction of moisture and the mass fraction of fat occurred within the framework of normalized values. Reducing the total sugar content did not affect the organoleptic properties of confectionery, but reduced the cost of production. The developed products have a higher content of essential amino acids compared to the control, their lipid composition changes – the content of PUFAs of the ω -3 group increases significantly. As part of the developed confectionery products, there is also a significant amount of dietary fiber – a nutrient that accelerates the feeling of fullness, as well as a factor in the formation of normal intestinal microflora and the obesity prevention.

Key words: protein-fat mixture of increased nutritional value, oilseeds, polyunsaturated fatty acids, essential amino acids, sesamol, sesamol.

REFERENCES

1. Bochkarev, S. V., Papchenko, V. Yu., Matvieieva, T. V., Rudniev, V. A., Bielinska, A. P. (2016). Rozrobka bilkovo-zhyrovoi osnovy tsukrystykh kondyterskykh vyrobiv dlia kharchuvannia sportsmeniv. *Technology audit and production reserves*, 5/3 (31), 58–64.
2. Bochkarev, S., Matveeva, T., Krichkovska, L., Petrova, I., Petrov, S., Belinska A. (2017). Research of the oilseeds ratio on the oxidative stability of the protein-fat base for sportsmen. *Technology audit and production reserves*, 2/3 (34), 8–12.
3. Bochkarev, S., Krichkovska, L., Petrova, I., Petrov, S., Varankina, O., Belinska, A. (2017). Research of influence of technological processing parameters of protein-fat base for supply of sportsmen on activity of protease inhibitors. *Technology audit and production reserves*, 4/3 (36), 27–30.
4. Bochkarev, S., Cherevichna, N., Petik, I., Belinska, A., Varankina, O., Zakhoshyi, O., Ilina, O., Shyrokova, O. (2017). Development and research candies with increased biological value with protein-fat composite. *Eureka: Life Sciences*, 6, 16–21.
5. Bochkarev, S. V., Krychkovska, L. V., Troshyn, O. H., Petik, I. P., Bielinska, A.P. (2018). Rozrobka retseptury shokoladnoi pasty dlia kharchuvannia sportsmeniv. *Intehrovani tekhnolohii ta enerhozberezhennia*, 1, 70-77.
6. Bochkarev, S., Varankina, O., Bielykh, I., Samoilenko, S., Zviahintseva, O. (2018). Correction of technological quality control parameters of the protein-fat mixture by the composition expanding. *Technology audit and production reserves*, 5/3 (43), 30–33.
7. Bielinska, A.P., Matveieva, T. V., Papchenko, V. Yu., Bochkarev, S. V. (2018). Rozrobka na osnovi olii ta nasinnia oliinykh kultur produktiv dlia kharchuvannia sportsmeniv. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 11, 192-19.
8. Bochkarev, S. V., Krychkovska, L. V., Papchenko, V. Yu., Matveieva, T. V., Bielinska, A. P. (2016). Patent Ukrainy UA 111548 U. Oliievnisnyi kharchovyi produkt, zbahachenyi nezaminnyimi aminokyslotamy i polinenasychenymy zhyrnyimi

kyslotamy. Kyiv: Derzhavna sluzhba intelektualnoi vlasnosti Ukrainy.

9. Bielinska, A. P., Matveieva, T. V., Papchenko, V. Yu., Bochkarev, S.V.(2017). Stvorennia bilkovo-zhyrovykh osnov kharchovykh produktiv dlia sportsmeniv. *Innovatsiini tekhnolohii: aktualni pytannia nauky ta praktyky*, 1, 52-65.

10. Bochkarev, S. V., Krychkovska, L. V., Matveieva T. V. (2016). *Obgruntuvannia komponentnoho skladu spetsializovanoho zhyrovoho produktu pidvyshchenoi biologichnoi tsinnosti*, Materyaly za 12-a mezhdunarodna nauchna praktychna konferentsiia «Bъdeshchyte yzsledvanyia». Sofyia: «BialHRAD-BH» OOD.

11. Bochkarev, S. V., Krychkovska, L. V., Matveieva, T. V., Fediakina, Z. P., Kumov, A. H. (2016). *Vykorystannia spetsializovanoho bilkovo-zhyrovoho produktu v tekhnolohii kondyterskykh vyrobiv*, Materialy KhKhIV Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Informatsiini tekhnolohii: Nauka, tekhnika, tekhnolohiia, osvita, zdorovia». Kharkiv: NTU «KhPI».

12. Bochkarev, S. V., Krychkovska, L. V., Radziievska, I. H., Chikalov, Ye. V. (2016). *Doslidzhennia okysnoi stabilnosti spetsializovanoho bilkovo-zhyrovoho produktu*, Materialy 82-yi Mizhnarodnoi naukovo konferentsii molodykh uchenykh, aspirantiv i studentiv «Naukovi zdobutky molodi - vyrishenniu problem kharchuvannia liudstva u XXI stolitti». Kyiv: NUKhT.

13. Bochkarev, S. V., Krychkovska, L. V., Radziievska, I. H. (2016). *Doslidzhennia orhanoleptychnykh ta fizyko-khimichnykh pokaznykiv bilkovo-zhyrovoi osnovy dlia produktiv sportyvnoho kharchuvannia*, Materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Ozdorovchi kharchovi produkty ta diietychni dobavky: tekhnolohii, yakist ta bezpeka». Kyiv: NUKhT.

14. Bochkarev, S. V., Krychkovska, L. V., Matveieva, T. V., Papchenko, V. Yu. (2016). *Bilkovo-zhyrova osnova yak inhrediient produktiv ozdorovchoho kharchuvannia*, Anotatsii dopovidei IKh Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Maslozhyrovaia otrasl: tekhnolohyy y ropy». Kyiv: UkrNDIOZh.

15. Bochkarev, S. V. Krychkovska, L. V., Kriachko, Ye. V. (2016). *Nasinnia oliinykh kultur – dzherelo essentsialnykh nutriientiv u kharchuvanni sportsmeniv*, Materialy 4-yi Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Khymyia, byo- y

nanotekhnolohyy, ekolohyia y ekonomyka v pyshevoi y kosmetycheskoi promyshlennosti». Kharkiv: NTU «KhPI».

16. Kuzmynikh, V. E., Bochkarev, S. V. (2017). *Analytycheskyi kontrol produktov sportyvnoho pytania*, Materyaly Kh ukrainiskoi naukovoï konferentsii studentiv, aspirantiv i molodykh uchenykh z mizhnarodnoiu uchastiu «Khimichni problemy sohodennia». Vinnytsia: Donetskyi natsionalnyi universytet im. Vasylia Stusa.

17. Bochkarev, S. V., Krychkovska, L. V., Matveieva, T. V. (2017). *Okysna stabilnist tsukerkovoi masy na osnovi sumishi nasinnia oliinykh kultur*, Materialy KhKhV Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Informatsiini tekhnolohii: Nauka, tekhnika, tekhnolohiia, osvita, zdorovia». Kharkiv: NTU «KhPI».

18. Bochkarev, S. V., Krychkovska, L. V., Ananieva, V. V., Bielinska, A. P., Radziievska, I. H. (2017). *Aktyvnist inhibitoriv proteaz yak skladova biolohichnoi tsinnosti bilkovo-zhyrovoi osnovy dlia kharchuvannia sportsmeniv*, Materialy V Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Khymyia, byo- y nanotekhnolohyy, ekolohyia y ekonomyka v pyshevoi y kosmetycheskoi promyshlennosti». Kharkiv: NTU «KhPI».

19. Bochkarev S.V. (2018). *Bilkovo-zhyrovi sumishi pidvyshchenoi kharchovoi tsinnosti v tekhnolohii shokoladnykh past*, Materialy KhKhVI Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Informatsiini tekhnolohii: Nauka, tekhnika, tekhnolohiia, osvita, zdorovia». Kharkiv: NTU «KhPI».

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 Технологічні аспекти розробки білково-жирових сумішей підвищеної харчової цінності.....	14
1.1 Основні тенденції виробництва жиромісних продуктів оздоровчого та спеціального призначення.....	14
1.2 Особливості технології білково-жирових сумішей.....	23
1.3 Олійно-жирова сировина для білково-жирових сумішей підвищеної харчової цінності.....	26
1.3.1 Ліпіди олійного насіння.....	26
1.3.2 Білки олійного насіння.....	27
1.3.3 Вітаміни та мінеральні елементи олійного насіння.....	29
1.3.4 Фактори, що впливають на харчову цінність олійного насіння.....	31
Висновки за розділом 1.....	34
РОЗДІЛ 2 Матеріали та методи досліджень.....	36
2.1 Загальна схема дисертаційного дослідження.....	36
2.2 Матеріали та допоміжні реагенти, що використано в роботі.....	38
2.3 Методи досліджень.....	43
2.3.1 Метод подрібнення олійного насіння.....	44
2.3.2 Метод екстракції ліпідів з олійного насіння та його сумішей.....	44
2.3.3 Методи досліджень органолептичних показників сировини та готової продукції.....	45
2.3.4 Методи досліджень фізико-хімічних показників сировини і готової продукції.....	45
2.3.5 Методи досліджень мікробіологічних показників білково-жирової суміші.....	46
2.3.5 Метод визначення елементного складу олійного насіння.....	47

2.3.6	Метод визначення жирнокислотного складу олійного насіння, олій та готової продукції.....	47
2.3.7	Метод визначення стеринової фракції олійного насіння.....	48
2.3.8	Метод кількісного визначення сезамолу і сезамоліну в насінні кунжуту.....	48
2.3.9	Метод визначення амінокислотного складу олійного насіння.....	50
2.3.10	Метод визначення біологічної цінності білка олійного насіння.....	51
2.3.11	Метод визначення нітратів в олійному насінні.....	52
2.3.12	Метод визначення стабільності до окиснення сировини та готової продукції.....	53
2.3.13	Методи дослідження структурно-механічних властивостей білково-жирової суміші.....	54
2.3.14	Спосіб зниження вмісту антипоживних речовин в білково-жировій суміші.....	56
2.3.15	Спосіб отримання кремових цукерок типу «трюфель».....	57
2.3.16	Спосіб отримання шоколадної пасти.....	58
2.4	Планування експериментів та статистична обробка результатів.....	58
2.5	Проведення економічних розрахунків.....	59
	Висновки за розділом 2.....	60
	РОЗДІЛ 3 Дослідження показників якості та безпеки сировини для виробництва білково-жирової суміші.....	61
3.1	Загальний хімічний склад сортів насіння льону, кунжуту та соняшника, адаптованих до вирощування в Україні.....	61
3.2	Жирнокислотний склад ліпідів сортів насіння льону, кунжуту та соняшника.....	64
3.3	Стеринова фракція сортів насіння льону, кунжуту та соняшника.....	67
3.4	Антиоксидантний комплекс сортів насіння льону, кунжуту та соняшника.....	69

3.5 Амінокислотний склад білка сортів насіння льону, кунжуту та соняшника та оцінка його біологічної цінності.....	71
3.6 Вітамінний та мінеральний склад сортів насіння льону, кунжуту та соняшника.....	77
3.7 Сортіві особливості насіння льону, кунжуту та соняшника до накопичення ксенобіотиків.....	80
3.7.1 Аналіз забруднення насіння льону, кунжуту та соняшника важкими металами залежно від сорту	80
3.7.2 Аналіз накопичення нітратів насіння льону, кунжуту та соняшника залежно від сорту.....	82
3.8 Вибір сортів олійного насіння як сировини для білково-жирової суміші.....	83
3.9 Окисна стабільність ліпідів насіння льону, кунжуту та соняшника обраних сортів в сумішах.....	84
3.10 Вплив фізико-хімічного складу насіння кунжуту на стійкість до окиснення	90
Висновки за розділом 3.....	93
РОЗДІЛ 4 Наукове обґрунтування складу та технології білково-жирової суміші для раціонального харчування спортсменів.....	96
4.1 Дослідження впливу співвідношення компонентів білково-жирової суміші на склад ПНЖК.....	96
4.2 Дослідження впливу співвідношення компонентів білково-жирової суміші на амінокислотний склад.....	98
4.3 Обґрунтування компонентного складу білково-жирової суміші.....	102
4.4 Розробка технологічного рішення щодо зниження вмісту антипоживних речовин в білково-жировій суміші	103
4.5 Обґрунтування рослинної олії як компоненту білково-жирової суміші для покращення її реологічних характеристик.....	107

4.6 Дослідження органолептичних та фізико-хімічних показників білково-жирової суміші.....	114
4.7 Дослідження технологічних показників якості білково-жирової суміші.....	115
4.8 Дослідження періоду індукції окиснення ліпідів білково-жирової суміші залежно від температури зберігання.....	115
4.9 Дослідження мікробіологічних показників білково-жирової суміші.....	117
4.10 Розробка технологічної схеми виробництва білково-жирової суміші підвищеної харчової цінності.....	117
4.9 Розрахунок собівартості виробництва та ціни 1 т продукції.....	121
Висновки за розділом 4.....	122
РОЗДІЛ 5 Використання білково-жирової суміші підвищеної харчової цінності в технології жировмісних виробів	124
5.1 Використання білково-жирової суміші підвищеної харчової цінності в технології кремових цукеркових мас.....	125
5.1.1 Обґрунтування вмісту білково-жирової суміші в кремовій цукерковій масі.....	126
5.1.2 Органолептична оцінка кремової цукеркової маси з білково-жировою сумішшю.....	127
5.1.3 Визначення фізико-хімічних показників кремової цукеркової маси з білково-жировою сумішшю.....	128
5.1.4 Розрахунок харчової цінності кремової цукеркової маси.....	129
5.1.5 Дослідження періоду індукції окиснення ліпідів кремової цукеркової маси в закритій тарі залежно від температури зберігання.....	131
5.1.6 Розробка технологічної схеми виробництва кремових цукерок підвищеної харчової цінності.....	132
5.1.7 Розрахунок собівартості виробництва та ціни 1 т кремових цукерок типу «трюфель».....	135

5.2 Використання білково-жирової суміші підвищеної харчової цінності в технології шоколадних паст	136
5.2.1 Обґрунтування вмісту білково-жирової суміші в шоколадній пасті...	137
5.1.2 Органолептична оцінка шоколадної пасти з білково-жировою сумішшю.....	139
5.2.3 Визначення фізико-хімічних показників шоколадної пасти з білково-жировою сумішшю.....	140
5.2.4 Розрахунок харчової цінності шоколадної пасти.....	141
5.2.5 Дослідження періоду індукції окиснення ліпідів шоколадної пасти в закритій тарі залежно від температури зберігання.....	142
5.2.6 Розробка технологічної схеми виробництва шоколадної пасти підвищеної харчової цінності.....	143
5.2.7 Розрахунок собівартості виробництва та ціни 1 т шоколадної пасти..	146
Висновки за розділом 5.....	147
ВИСНОВКИ.....	149
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	152
ДОДАТКИ.....	180