ISNN 3030-3907

2026/3
VOLUME 3

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/3 VOLUME 3

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

УДК 664.661:633.821

БИОСИНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА «ФЕНХЕЛЬ–БАЗИЛИК» КАК АКТИВНЫЙ МОДУЛЯТОР КАЧЕСТВА И БИОКОНСЕРВАНТ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПШЕНИЧНОГО ХЛЕБА

Рахмонов К.С.
Бухарский государственный технический университет
E-mail: qaxa8004@mail.ru
Баракаев Н.Р.
Бухарский государственный технический университет
Хомидова Л.М.
Бухарский государственный технический университет

Аннотация. В статье рассматривается концептуальный подход к замене химических консервантов в хлебопекарной промышленности биосинергетическими растительными системами. Научно обосновано использование композиции фенхеля (*Foeniculum vulgare*) и базилика (*Ocimum basilicum*) в соотношении 5:1. Установлено, что данная бинарная смесь выступает активным модулятором биохимических процессов в тесте и готовом изделии. Синергетическое взаимодействие терпенов фенхеля и фенольных соединений базилика обеспечивает выраженное антимикробное и фунгистатическое действие. Применение композиции способствует подавлению развития *Bacillus subtilis* и плесневых грибов, увеличивая латентный период микробиологической порчи хлеба до 96–120 часов. Использование растительной системы «фенхель–базилик» позволяет повысить микробиологическую стабильность, продлить сроки хранения и сохранить органолептические характеристики пшеничного хлеба.

Ключевые слова: биосинергетическая система, фенхель, базилик, антимикробное действие, антиоксидант, ФИЦ-индекс, гликемический индекс, пшеничный хлеб, срок хранения.

Annotation. The article examines the conceptual approach to replacing chemical preservatives in the baking industry with biosynergetic plant systems. The use of a composition of fennel (Foeniculum vulgare) and basil (Ocimum basilicum) in a 5:1 ratio is scientifically substantiated. It was established that this binary mixture acts as an active modulator of biochemical processes in the dough and finished product. The synergistic interaction of fennel terpenes and basil phenolic compounds provides a pronounced antimicrobial and fungostatic effect. The use of the composition contributes to the suppression of the development of Bacillus subtilis and mold fungi, increasing the latent period of microbiological spoilage of bread to 96-120 hours. Using the "fennel-basil" plant system allows for increased

ISSN 3030-3907

microbiological stability, extended shelf life, and preserved organoleptic characteristics of wheat bread.

Keywords: biosynergetic system, fennel, basil, antimicrobial action, antioxidant, FIC index, glycemic index, wheat bread, shelf life.

Annotatsiya. Maqolada novvoylik sanoatida kimyoviy konservantlarni biosinergetik o‘simlik tizimlari bilan almashtirishning konseptual yondashuvi ko‘rib chiqilgan. Fenxel (Foeniculum vulgare) va rayhon (Ocimum basilicum) kompozitsiyalarini 5:1 nisbatda qo‘llash ilmiy asoslandi. Ushbu binar aralashma xamir va tayyor mahsulotdagi biokimyoviy jarayonlarning faol modulyatori ekanligi aniqlandi. Fenxel terpenlari va rayhon fenol birikmalarining sinergik o‘zaro ta’siri yaqqol antimikrob va fungistatik ta’sirni ta’minlaydi. Kompozitsiyani qo‘llash Bacillus subtilis va mog‘or zamburug‘larining rivojlanishini to‘xtatishga yordam beradi, nonning mikrobiologik buzilishining yashirin davrini 96-120 soatgacha oshiradi. “Fenxel-rayhon” o‘simlik tizimidan foydalanish bug‘doy nonining mikrobiologik barqarorligini oshirish, saqlash muddatini uzaytirish va organoleptik xususiyatlarini saqlab qolish imkonini beradi.

Kalit so`zlar: biosinergetik tizim, fenxel, rayhon, antimikrob ta’sir, antioksidant, FIS indeksi, glikemik indeks, bug‘doy noni, saqlash muddati.

ВВЕДЕНИЕ

Современные тенденции развития хлебопекарной промышленности направлены на снижение использования синтетических консервантов и внедрение природных биоконсервационных систем. Одним из перспективных направлений является применение биологически активных веществ растительного происхождения, обладающих антимикробной и антиоксидантной активностью.

Пряно-ароматические растения являются важным источником вторичных метаболитов - терпеноидов, фенольных соединений и флавоноидов, способных подавлять рост патогенных микроорганизмов и микроскопических грибов, вызывающих порчу пищевых продуктов [1, с. 224-230].

Фенхель (Foeniculum vulgare) содержит значительное количество эфирных масел, основными компонентами которых являются анетол, лимонен и фенхон. Данные соединения обладают выраженной антимикробной и фунгистатической активностью и способны ингибировать развитие различных бактерий и микроскопических грибов [2, с. 1574-1583].

Базилик (Ocimum basilicum) характеризуется высоким содержанием фенольных соединений и эфирных масел, включая линалоол, эвгенол и 1,8-цинеол, проявляющих выраженные антибактериальные свойства и

ISSN 3030-3907

способных ингибировать рост патогенной микрофлоры в пищевых системах [3, с. 1200-1204].

В хлебопекарной промышленности особую проблему представляет развитие картофельной болезни хлеба, вызываемой бактериями рода *Bacillus*, прежде всего *Bacillus subtilis*. Данные микроорганизмы способны сохраняться в муке в форме спор и активироваться в процессе хранения хлебобулочных изделий, вызывая их микробиологическую порчу [4, с. 109-116].

Объектом исследования являлся хлеб из пшеничной муки первого сорта. В качестве биорегуляторов применялась композитная смесь порошков фенхеля (*Foeniculum vulgare*) и базилика (*Ocimum basilicum*). Контрольным образцом служил пшеничный хлеб первого сорта без добавок.

Для определения оптимального соотношения компонентов были исследованы различные модели бинарных смесей растительных антимикробных регуляторов.

Анализ вариативности соотношений компонентов проводился на трех основных моделях бинарных смесей фенхеля и базилика (табл.).

Таблица 1

Влияние соотношения фенхеля и базилика на биохимическую направленность и качество хлеба

Соотношение Ф : Б	*Биохимическая направленность*	*Результат воздействия на хлеб*
1 : 1	Равновесная концентрация анетола и эвгенола	Избыточно выраженный аромат базилика; частичное подавление активности дрожжей, снижение объёма хлеба
1 : 5	Доминирование базилика (эвгенол, линалоол)	Высокая антибактериальная активность, но слабый фунгистатический эффект; быстрое появление плесени
5 : 1	Доминирование фенхеля (терпены) при поддержке флавоноидов базилика	***Оптимальный синергизм***: высокая защита от картофельной болезни и плесени при сохранении органолептики

Синергетическое взаимодействие фенхеля и базилика обусловлено комплементарным механизмом действия их биологически активных

ISSN 3030-3907

компонентов. Терпеноидные соединения фенхеля способны нарушать структурную целостность клеточных мембран микроорганизмов, увеличивая их проницаемость и вызывая утечку внутриклеточных компонентов. Это повышает чувствительность микроорганизмов к другим антимикробным соединениям [5,с.1283].

Фенхель характеризуется высоким содержанием ароматических терпенов, обладающих выраженной фунгистатической активностью. Исследования показывают, что эфирное масло фенхеля эффективно ингибирует развитие Bacillus subtilis и микроскопических грибов родов Aspergillus и Penicillium, являющихся основными возбудителями плесневения хлебобулочных изделий [6,с.832-836].

Фенольные соединения базилика, прежде всего эвгенол, обладают способностью проникать через клеточные мембраны микроорганизмов и ингибировать ферментные системы, участвующие в энергетическом обмене и синтезе клеточных структур [3,с.1200-1204].

Сочетание указанных механизмов приводит к формированию синергетического антимикробного эффекта, значительно превышающего суммарное действие отдельных компонентов [1,с.227]. Высокая концентрация фенхеля формирует основной антимикробный барьер, тогда как фенольные соединения базилика усиливают антибактериальное действие в отношении спорообразующих бактерий [2,с.1581].

Помимо антимикробного действия, растительные метаболиты оказывают выраженное антиоксидантное влияние на пищевые системы. Фенольные соединения способны связывать свободные радикалы и замедлять процессы окислительной порчи липидов, что способствует стабилизации цвета и структуры мякиша хлеба при хранении [5,с.1288]. Кроме того, биологически активные вещества ПАР могут влиять на ферментативную активность микрофлоры теста, способствуя накоплению органических кислот и улучшению структурно-механических свойств хлеба [4,с.114-115].

Для количественной оценки взаимодействия фенхеля и базилика использован расчет индекса фракционной ингибирующей концентрации (FIC index) [7,с.1-10].

Индекс ФИК (FIC_{index}) рассчитывается по формуле 1:

$$FIC_{index} = \frac{MIC_{A(B)}}{MIC_A} + \frac{MIC_{B(A)}}{MIC_B} \quad (1)$$

ISSN 3030-3907

где: MIC_A и MIC_B - минимальные ингибирующие концентрации фенхеля и базилика по отдельности; $MIC_{A(B)}$ и $MIC_{B(A)}$ — концентрации компонентов в их совместной смеси, обеспечивающие тот же антимикробный эффект.

Интерпретация результатов:

- $FIC_{index} \leq 0,5$ - ***синергизм*** (взаимное усиление);
- $0,5 < FIC_{index} \leq 1,0$ - аддитивный эффект (простое сложение);
- $FIC_{index} > 4,0$ - антагонизм (подавление действия друг друга).

При экспериментальном анализе композиции 5:1 значение FIC_{index} составило 0,42, что математически доказывает наличие синергического взаимодействия между терпенами фенхеля и фенолами базилика в отношении *Bacillus subtilis*.

Влияние композиции на сохранность хлеба описывается логистическим уравнением (2) роста микроорганизмов, где время задержки (латентная фаза) λ увеличивается при введении ПАР:

$$N(t) = \frac{N_{max}}{1 + \left(\frac{N_{max} - N_0}{N_0}\right) \cdot e^{-\mu(t-\lambda)}} \quad (2)$$

где: N(t) - количество микроорганизмов в момент времени t;

λ - латентный период (время до появления признаков болезни или плесени);

μ - удельная скорость роста популяции.

При использовании композиции фенхель : базилик (5:1) латентный период λ увеличивается до 96-120 ч, что математически обосновывает продление свежести изделия в 4-5 раз. В контрольном образце (без добавок) λ=24 ч.

Фенхель и базилик оказывают комплексное воздействие на технологические и биохимические процессы производства хлеба (рис.):

Антимикробное действие:

- ингибирование развитие спор Bacillus subtilis и плесневых грибов;
- синергетическая комбинация 5:1 расширяет спектр антимикробной активности за счет комплементарного действия различных классов соединений.

Антиоксидантная стабилизация:

- фенольные соединения связывают свободные радикалы и замедляют процессы окислительной порчи липидов;
- предотвращается ухудшение органолептических свойств при хранении [5, с. 208-212].

Биохимическая регуляция:

ISSN 3030-3907

➢ растительные метаболиты выступают модуляторами ферментативной активности микрофлоры мучных полуфабрикатов;

➢ усиливается образование органических кислот и бактериоцинов;

➢ стабилизируются структурно-механические свойства мякиша, повышаются пористость и удельный объем [6, с.109-116].



Рисунок-1 Механизмы действия композиции фенхеля и базилика (5:1) при биологической стабилизации пшеничного хлеба.

Соотношение 5 : 1 позволяет избежать избыточного аромата пряностей. Фенхель придаёт изделию мягкий сладковато-пряный оттенок, а небольшая доля базилика гармонизирует ароматический профиль без негативного влияния на органолептические характеристики хлеба.

Математическое моделирование подтверждает, что данное соотношение обеспечивает минимальное значение индекса FIC и максимальный синергетический эффект при минимальной общей концентрации добавок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Полученные результаты позволяют рассматривать композицию «фенхель-базилик» как перспективную *биосинергетическую систему* для хлебопекарной промышленности.

ISSN 3030-3907

Установлено, что оптимальное соотношение компонентов **5:1** обеспечивает выраженный синергетический антимикробный эффект при сохранении технологических и органолептических характеристик пшеничного хлеба.

Введение данной композиции способствует подавлению развития спорообразующих бактерий рода Bacillus и микроскопических грибов, увеличивая латентный период микробиологической порчи хлеба до 96–120 часов**.** Растительные метаболиты выполняют не только антимикробную функцию, но и выступают регуляторами биохимических процессов теста, влияя на ферментативную активность микрофлоры и структурно-механические свойства мякиша.

Таким образом, использование биосинергетической системы «фенхель-базилик» может рассматриваться как эффективная стратегия разработки функциональных хлебобулочных изделий с повышенной микробиологической стабильностью и сниженным использованием химических консервантов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lixandru B.E. Antimicrobial activity of plant essential oils against bacterial and fungal species involved in food poisoning and food decay/ B.E.Lixandru, N.O.Drăcea, C.C. Dragomirescu [et al.]// Roumanian Archives of Microbiology and Immunology. - 2010. - Vol. 69, № 4. - Pp. 224–230.
2. Rather M.A. Foeniculum vulgare: A comprehensive review of its traditional use, phytochemistry, pharmacology and safety/ M.A.Rather, B.A. Dar, S.N. Sofi [et al.]// Arabian Journal of Chemistry**.** - 2016. - Vol. 9. - Pp. 1574–1583.
3. Rattanachaikunsopon P. Antimicrobial activity of basil (*Ocimum basilicum*) oil against Salmonella enteritidis in vitro and in food/ P. Rattanachaikunsopon, P. Phumkhachorn// Bioscience, Biotechnology and Biochemistry. - 2010. - Vol. 74, № 6. - P. 1200–1204.
4. Díaz-Maroto M.C. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils from fennel (*Foeniculum vulgare*)/ M.C. Díaz-Maroto, M.S. Pérez-Coello, M.D. Cabezudo // Food Control. - 2014. - Vol. 35. - P.109–116.
5. Roby M.H.H. Evaluation of antioxidant and antimicrobial activities of essential oils from spices/ M.H.H. Roby, M.A. Sarhan, K.A.H. Selim, K.I. Khalel // International Journal of Molecular Sciences**.** - 2017. - Vol.18, № 6.- Pp. 1283.
6. Aprotosoaie A.C. In vitro antimicrobial activity and chemical composition of the essential oil of Foeniculum vulgare/ A.C.Aprotosoaie, M. Hăncianu, A. Poiată [et al.]// Revista Medico-Chirurgicala a Societatii de Medici si Naturalisti din Iasi. - 2008. - Vol. 112, № 3. - Pp. 832–836.

ISSN 3030-3907

7. Elkiran O. Chemical profiles and antimicrobial activities of essential oil from different plant parts of Foeniculum vulgare/ O. Elkiran, O. Telhuner// Food Science & Nutrition. - 2025. - Vol.13. - Pp. 1–10.

ISSN 3030-3907