ISNN 3030-3907

2026
MAY
ISSUE - 5
VOLUME - 6

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

MAY 2026
Issue - 5, VOLUME – 6

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.

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 664.6:664.7

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ДЕГРАДАЦИИ ФИТИНОВОЙ КИСЛОТЫ В ПРОЦЕССЕ ПРОРАЩИВАНИЯ ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ

К.А. Шокиров

Бухарский государственный технический университет

Аннотация. Исследована динамика деградации фитиновой кислоты при проращивании зерна мягкой пшеницы (*Triticum aestivum L.*) при 20±1°C. Установлено, что снижение содержания фитата обусловлено активацией эндогенной фитазы и подчиняется кинетике первого порядка. За 72 часа проращивания концентрация фитиновой кислоты уменьшается на 77,9%, а активность фитазы возрастает до 650 ед/г. Разработана кинетическая модель процесса ($k \approx 0{,}021$ ч$^{-1}$), позволяющая прогнозировать степень гидролиза фитата и оценивать технологическую эффективность проращивания зерна.

Ключевые слова: пшеница, проращивание, фитиновая кислота, фитаза, биодоступность фосфора, кинетика гидролиза.

Annotatsiya. 20±1°C haroratda bug‘doy (*Triticum aestivum L.*) donini undirish jarayonida fitin kislotasining degradatsiyasi dinamikasi tadqiq qilindi. Fitat miqdori kamayishi fitaza fermentining faollashuvi bilan belgilanishi hamda birinchi tartibli kinetika bo‘yicha borishi aniqlandi. 72 soat davomida fitin kislotasi 77,9% ga kamaydi, fitaza faolligi 650 birlik/g ga yetdi. Fitat gidrolizi darajasini prognoz qilish hamda donini undirish texnologik samaradorligini baholash imkonini beruvchi kinetik model ($k \approx 0{,}021$ soat^{-1}) ishlab chiqildi.

Kalit so‘zlar: bug‘doy, undirish, fitin kislotasi, fitaza, fosfor bioo‘zlashtirilishi, gidroliz kinetikasi

Abstract. The study examines the dynamics of phytic acid degradation during germination of wheat (*Triticum aestivum L.*) at 20±1°C. Phytate reduction is mainly driven by endogenous phytase activation and follows first-order kinetics. After 72 hours, phytic acid content decreased by 77.9%, while phytase activity reached 650 U/g. A kinetic model ($k \approx 0.021$ h^{-1}) was developed to predict phytate hydrolysis. The results confirm improved phosphorus bioavailability and enhanced nutritional value of germinated wheat grain.

Keywords: wheat, germination, phytic acid, phytase, phosphorus bioavailability, hydrolysis kinetics.

ВВЕДЕНИЕ.

Фитиновая кислота (*myo-инозитол-1,2,3,4,5,6-гексакисфосфат*) является основным запасным соединением фосфора в зерне злаковых культур и выполняет важную физиологическую функцию в растении как форма депонирования фосфора и минеральных элементов. В зерне пшеницы на её долю приходится до 70–80% общего содержания фосфора, что

ISSN 3030-3907

существенно влияет на пищевую ценность продукта и биодоступность микроэлементов.

С позиции нутрициологии фитиновая кислота рассматривается как антипитательное соединение, поскольку способна образовывать нерастворимые комплексы с ионами Ca^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{2+}/Fe^{3+} и Zn^{2+}, снижая их усвоение в желудочно-кишечном тракте человека [1, с. 282–284]. В то же время в растении она выполняет защитную и антиоксидантную функцию, стабилизируя запасные вещества семени [2, с.285ғ288].

Ключевым ферментом, обеспечивающим гидролиз фитиновой кислоты, является фитаза (ЕС 3.1.3.8), катализирующая последовательное отщепление фосфатных групп с образованием инозитолфосфатов и свободного неорганического фосфата. Активность фитазы в зерне находится в латентном состоянии и резко возрастает при гидратации семени в процессе проращивания.

Проращивание зерна является эффективным биотехнологическим методом модификации химического состава зерновых культур. В процессе гидратации активируются ферментативные системы (амилазы, протеазы, фитазы), что приводит к глубоким биохимическим преобразованиям: снижению содержания антипитательных веществ, увеличению доли свободных аминокислот и повышению биодоступности минеральных элементов [3, с. 947–949].

Современные исследования показывают, что деградация фитиновой кислоты может быть описана кинетическими моделями ферментативных реакций первого порядка, что позволяет количественно оценивать эффективность технологического процесса проращивания и прогнозировать оптимальные режимы обработки зерна [4, с. 290–293].

Особое значение имеет перераспределение форм фосфора: при гидролизе фитата происходит переход органически связанного фосфора в неорганическую форму (H_3PO_4), обладающую высокой биодоступностью, что существенно повышает пищевую ценность пророщенного зерна [5, с. 136–138].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Объектом исследования являлось зерно мягкой пшеницы (*Triticum aestivum L.*). Проращивание осуществляли при температуре 20±1°С в условиях темноты. Отбор проб проводили через каждые 12 часов.

Содержание фитиновой кислоты определяли спектрофотометрическим методом по методике Champ [et al.] [3, с.310–312]. Активность фитазы оценивали по количеству высвобожденного неорганического фосфата.

ISSN 3030-3907

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Основной механизм снижения фитиновой кислоты — гидролиз под действием фитазы.

Таблица 1

Параметры процесса проращивания зерна пшеницы

Этап	Время (ч)	Состояние зерна	Основной механизм снижения фитиновой кислоты
Контроль	0	Сухое зерно	—
Замачивание	6–12	Набухание, активация ферментов	Гидролиз фитиновой кислоты под действием фитазы
Раннее прорастание	24–36	Появление «наклева» (корешка)	Усиление действия эндогенной фитазы, распад фитата
Активный рост	48–72	Рост проростка (1–5 мм)	Дальнейший гидролиз фитиновой кислоты, максимальное снижение содержания фитата

Графическая схема процесса проращивания с отображением этапов и динамики снижения фитиновой кислоты изображена на рисунке 1.



Рисунок 1 - Графическая схема процесса проращивания зерна пшеницы и динамики снижения фитиновой кислоты

ISSN 3030-3907

Анализ полученных данных по изменению фитиновой кислоты и активности фитазы при проращивании зерна (рис.2) показал, что на начальном этапе (0 ч) содержание фитиновой кислоты высокое — 950 мг/100 г, активность фитазы низкая — 120 ед/г. Уже к 12 ч наблюдается небольшое снижение фитиновой кислоты (4.2%) и умеренное увеличение активности фермента (155 ед/г). Между 24–48 ч фитиновая кислота резко снижается (до 52.6%), а активность фитазы быстро растёт (до 580 ед/г). На 60 ч достигается максимум активности фермента (650 ед/г), при этом содержание фитиновой кислоты снижается на 66.3%. К 72 ч фитиновая кислота достигает минимального уровня (210 мг/100 г, снижение 77.9%), а активность фитазы слегка снижается до 610 ед/г, вероятно, из-за завершения активного роста зерна.



Рисунок 2 - Динамика фитиновой кислоты и активности фитазы при проращивании зерна

При проращивании фосфор переходит в свободную (неорганическую) форму *Pi*, которая полезна для организма (рис.3).

При проращивании зерна происходит значительное снижение содержания фитиновой кислоты— основного соединения, связывающего фосфор и затрудняющего его усвоение организмом. Доля фитиновой кислоты снижается с 80,0 до 25,0%, в то время как свободный (неорганический) фосфор (Inorganic P), который легко усваивается, увеличивается с 20,0 до 75,0%. Этот процесс способствует улучшению

ISSN 3030-3907

биодоступности фосфора, снижению антинутриентного воздействия фитата и повышению питательной ценности зерна после проращивания.



Рисунок 3 – Распределение форм фосфора в зерне при проращивании

Обобщённая химическая реакция гидролиза фитиновой кислоты выглядит так:

Phytate ($C_6H_{18}O_{24}P_6$) + nH2O→фитазамио-инозитол + 6H_3PO_4

Фитиновая кислота (Phytate) расщепляется с участием воды (гидролиз) под действием фитазы. В результате образуются свободный мио-инозитол и 6 молекул фосфорной кислоты (H_3PO_4), которая представляет собой свободный неорганический фосфор.

Процесс снижения концентрации фитиновой кислоты при проращивании описывается кинетикой первого порядка:

$$ln(C_o/C_t) = - kt$$

где: C_0 — исходная концентрация фитиновой кислоты; Ct — концентрация в момент времени t; k — константа скорости реакции (h−1).

На основе экспериментальных данных для температурного режима 20°C константа скорости деградации фитиновой кислоты составляет:

k≈0.021h−1 для температурного режима 20°C

Эта модель позволяет количественно прогнозировать снижение фитиновой кислоты в зерне при проращивании и служит теоретической основой для оценки эффективности технологического процесса.

Схематическая иллюстрация модели деградации с графиком $\ln(C_o/Ct)$ против времени представлена на рисунке 4.

Линейная природа графика указывает на то, что деградация фитиновой кислоты следует кинетике первого порядка, что характерно для ферментативных реакций такого типа.

ISSN 3030-3907

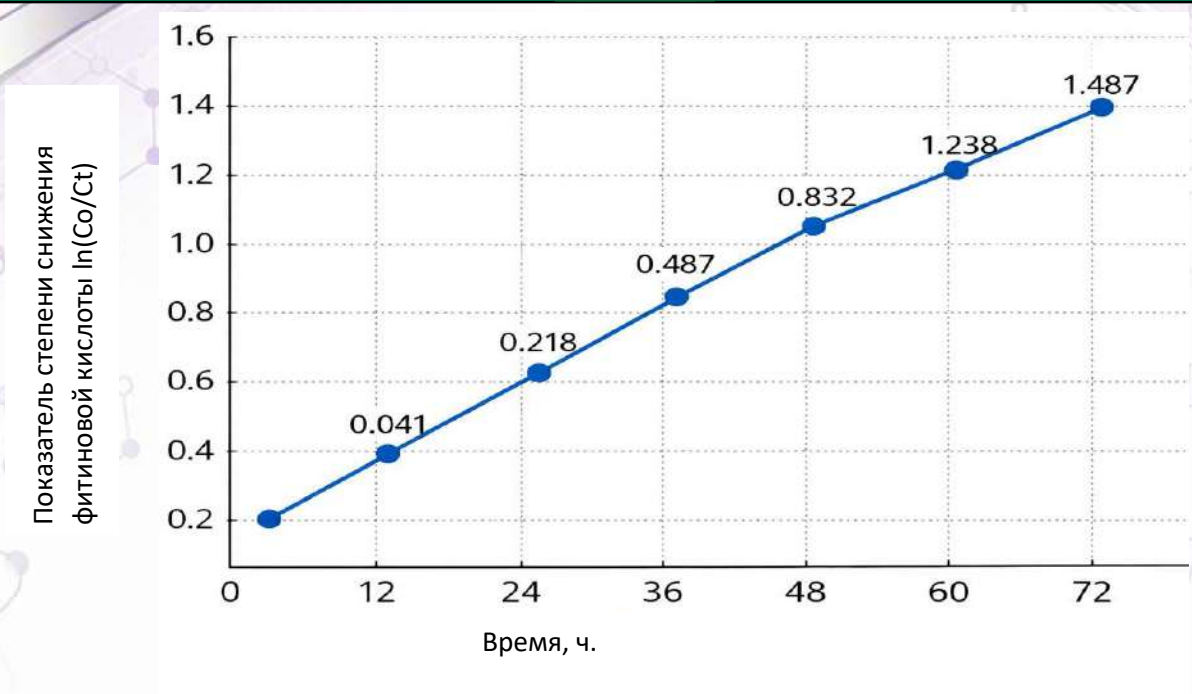


Рисунок 4 – Кинетика деградации фитиновой кислоты при проращивании зерна - $ln(C_0/C_t)$

Максимальное значение, достигаемое на графике, соответствует ~78,0%-ному снижению содержания фитиновой кислоты через 72 часа проращивания. Этот факт подтверждает высокую активность фермента фитазы, который катализирует гидролиз фитиновой кислоты, преобразуя её в доступные формы фосфора и снижая антинутриентную активность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Таким образом, представленная модель позволяет не только количественно оценить скорость деградации фитиновой кислоты, но и служит основой для оптимизации технологических параметров проращивания зерна с целью улучшения его пищевой ценности и биодоступности микроэлементов. Проращивание является эффективным методом повышения пищевой ценности зерна.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lott J.N.A., Ockenden I., Raboy V., Batten G.D. Phytic acid and phosphorus in crop seeds and fruits: a global estimate // *Seed Science Research*. – 2000. – Vol. 10, №1. – P. 282–284.

2. Raboy V. Approaches and challenges to engineering seed phytate and total phosphorus // *Plant Science*. – 2009. – Vol. 177, № 5. – P. 285–288.

3. Champ M.M.J. Non-nutrient bioactive substances of pulses // *British Journal of Nutrition*. – 2003. – Vol. 88, Suppl. 3. – P. 307–319.

4. Kumar V., Sinha A.K., Makkar H.P.S., Becker K. Dietary roles of phytate and phytase in human nutrition: a review // *Food Chemistry*. – 2010. – Vol. 120, No. 4. – P. 290–293.

ISSN 3030-3907

5. Gibson R.S., Bailey K.B., Gibbs M., Ferguson E.L. A review of phytate, iron, zinc, and calcium concentrations in plant-based foods // *Food and Nutrition Bulletin*. – 2010. – Vol. 31, No. 2. – P. 134–146.

ISSN 3030-3907