DOI 10.66073/ReFocus-Conf/3010003

WICKERHAMOMYCES ANOMALUS 95 SHTAMMINING FITOPATOGEN ZAMBURUG‘LARGA QARSHI ANTAGONIST POTENSIALI VA UCHUVCHAN METABOLITLAR PROFILI

Nizomova Dildora Komil qizi, **Juraeva Rohila Nazarovna**
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Mikrobiologiya instituti, O‘zbekiston
*e-mail: dildoranizomova89@gmail.com

Annotatsiya: Mazkur tadqiqotda mahalliy *Wickerhamomyces anomalus* achitqi shtammlarining fitopatogen zamburug‘larga (*Penicillium expansum*, *Aspergillus flavus*, *Fusarium oxysporum*) qarshi antagonistik faolligi o‘rganildi. Skrining natijalariga ko‘ra, *W. anomalus* 120 va 95 shtammlari eng yuqori antagonistik samaradorlikni (87,2–88,3%) ko‘rsatdi. Gaz xromatografiyasi–mass-spektrometriyasi (GC-MS) tahlili yuqori antagonist *W. anomalus* 95 shtammi ekstraktida 38 ta metabolitni, jumladan, kuchli antifungal xususiyatga ega 2-feniletanol va fenolik birikmalarni aniqladi. Olingan natijalar ushbu shtammlar asosida qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini saqlashda qo‘llaniladigan samarali biofungitsidlar yaratish istiqbolli ekanligini tasdiqlaydi.
Kalit so‘zlar: *Wickerhamomyces anomalus*, biokontrol, antagonistik faollik, GC-MS, 2-feniletanol.

Аннотация: В данном исследовании изучена антагонистическая активность местных штаммов дрожжей *Wickerhamomyces anomalus* против фитопатогенных грибов (*Penicillium expansum*, *Aspergillus flavus*, *Fusarium oxysporum*). По результатам скрининга штаммы *W. anomalus* 120 и 95 показали наибольшую эффективность подавления (87,2–88,3%). Газохроматографический масс-спектрометрический (GC-MS) анализ экстракта штамма *W. anomalus* 95 выявил 38 метаболитов, включая 2-фенилэтанол и фенольные соединения с выраженными противогрибковыми свойствами. Полученные результаты подтверждают перспективность создания эффективных биофунгицидов на основе данных штаммов для защиты сельскохозяйственной продукции при хранении.
Ключевые слова: *Wickerhamomyces anomalus*, биоконтроль, антагонистическая активность, GC-MS, 2-фенилэтанол.

Abstract: This study evaluated the antagonistic activity of native *Wickerhamomyces anomalus* yeast strains against phytopathogenic fungi (*Penicillium expansum*, *Aspergillus flavus*, *Fusarium oxysporum*). Screening results showed that *W. anomalus* strains 120 and 95 exhibited the highest antagonistic efficacy (87,2–88,3%). Gas chromatography–mass spectrometry (GC-MS) analysis of the *W. anomalus* 95 extract revealed 38 metabolites, including 2-phenylethanol and phenolic compounds with pronounced antifungal properties. These findings confirm the potential of developing effective biofungicides based on these strains for postharvest protection of agricultural products.
Keywords: *Wickerhamomyces anomalus*, biocontrol, antagonistic activity, GC-MS, 2-phenylethanol.

Hosildan keyingi davrda uchraydigan zamburug‘li kasalliklar qishloq xo‘jaligi mahsulotlarining sezilarli darajada yo‘qotilishiga, ularning tovar ko‘rinishi va sifati pasayishiga olib keluvchi asosiy sabablardan biri hisoblanadi. Dunyoda ko‘plab yig‘ib olingan hosilning salmoqli qismi aynan saqlash va tashish jarayonida fitopatogenlar ta’sirida yaroqsiz holga kelishi kuzatiladi

IQTIBOS UCHUN
Nizomova D.K., Juraeva R.N. Wickerhamomyces anomalus 95 shtammining fitopatogen zamburug‘larga qarshi antagonist potensiali va uchuvchan metabolitlar profili // Fundamental va amaliy mikrobiologiyaning bugungi holati va rivojlanish istiqbollari: yosh olimlar nigohi: Respublika ilmiy-amaliy anjumani materiallari. – Toshkent, 2026. – B. 27–32.
DOI: https://doi.org/10.66073/ReFocus-Conf/3010003

[1]. O‘simliklarni himoya qilishda an’anaviy tarzda kimyoviy fungitsidlar keng qo‘llanib kelinayotgan bo‘lsa-da, ularning muntazam ishlatilishi patogen mikroorganizmlarda chidamlilikning shakllanishiga hamda bir qator jiddiy ekologik va toksikologik muammolarni keltirib chiqarishga sabab bo‘lmoqda [2]. Bundan tashqari, qishloq xo‘jaligi mahsulotlari tarkibida kimyoviy pestitsidlar qoldiqlarining to‘planishi iste’molchilar salomatligi uchun jiddiy xavf tug‘diradi [3]. Shu munosabat bilan fitopatogen zamburug‘larga qarshi kurashishda samarali, xavfsiz va ekologik toza biologik vositalardan foydalanish zamonaviy biotexnologiya va o‘simliklarni himoya qilish tizimining muhim va dolzarb yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi [4].

Antagonistik achitqilar tez o‘sish, ekologik bo‘shliqlarni muvaffaqiyatli egallash va turli mexanizmlar yordamida patogenlarning rivojlanishini to‘xtatish qobiliyati tufayli biologik nazoratning istiqbolli vositalari sifatida qaraladi [5]. Ularning bakteriyalarga nisbatan afzalligi shundaki, achitqilar inson va atrof-muhit uchun xavfsiz bo‘lib, zaharli toksinlar sintez qilmaydi [6]. Eng istiqbolli shtammlar qatoriga *Wickerhamomyces anomalus* (sinonimi: *Pichia anomala, Hansenula anomala, Candida pelliculosa*) turi kuchli antimikrob faolligi va yuqori ekologik moslashuvchanligi bilan ajralib turadi [7]. Ushbu tur keng diapazonli harorat, pH va osmotik bosim sharoitlarida ham o‘z hayotchanligini va antagonistik xususiyatlarini saqlab qolish qobiliyatiga ega [8]. Mazkur tur oziq-ovqat, qishloq xo‘jaligi va biotexnologiya sohalarida bionazorat potensiali yuqori bo‘lgan biologik agent hisoblanadi [9]. Turli tadqiqotlarda *W. anomalus* shtammlarining *Botrytis cinerea, Penicillium expansum, P. digitatum, P. italicum, Alternaria alternata, Aspergillus flavus*, *Monilinia* spp. hamda *Colletotrichum* spp. kabi iqtisodiy jihatdan muhim fitopatogen zamburug‘larga qarshi yuqori antagonistik faollik ko‘rsatishi aniqlangan [10–12].

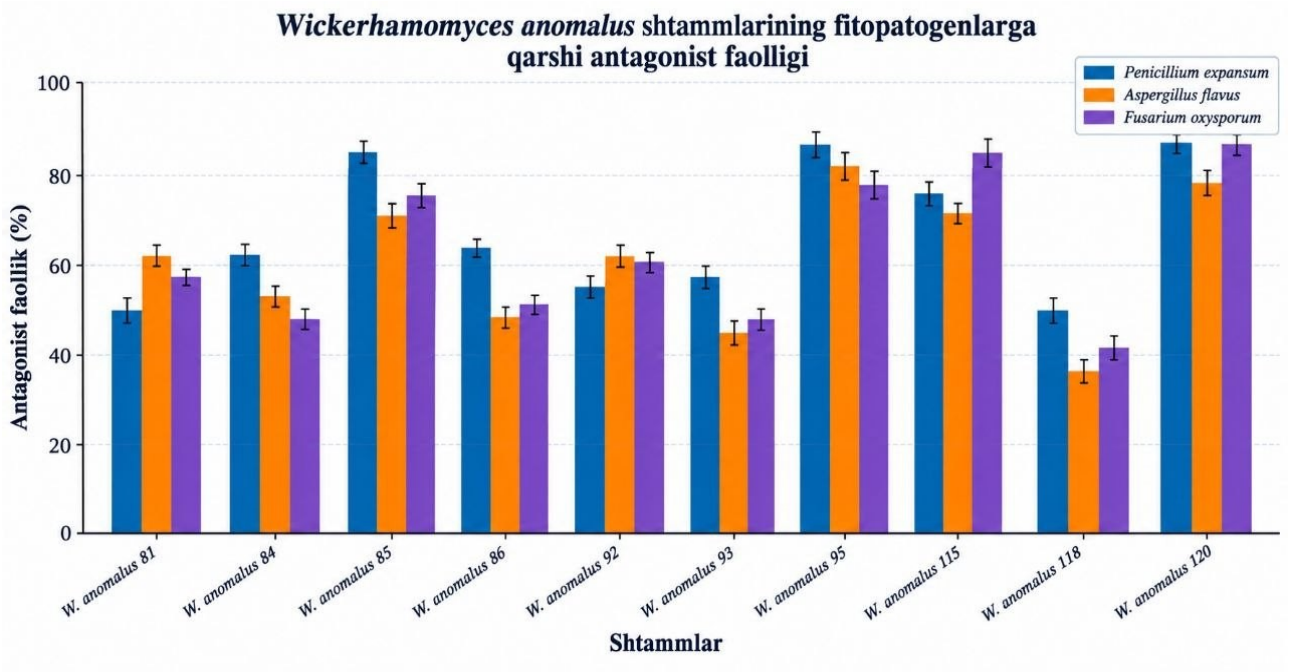
Ushbu achitqining antagonistik ta’siri ozuqa moddalari va makon uchun raqobat qilish, bioplyonka hosil qilish, killer-toksinlar, hujayradan tashqari gidrolitik fermentlar (xususan, ko‘plab fitopatogen zamburug‘larning hujayra devoridagi β-glyukanlar va xitinni parchalay oladigan β-1,3-glyukanazalar va xitinazalar) hamda uchuvchan organik birikmalar sintez qilish kabi bir nechta mexanizmlarning birgalikdagi ta’siri bilan izohlanadi [11,13,14]. Bunday ko‘p qirrali (polifunksional) ta’sir mexanizmi patogenlarda biologik agentga nisbatan rezistentlik (chidamlilik) rivojlanishining oldini oladi [15].

Shu sababli, O‘zR FA Mikrobiologiya instituti “Mikroorganizmlar to‘plami”da saqlanayotgan mahalliy *Wickerhamomyces anomalus* shtammlarining fitopatogen zamburug‘larga qarshi antagonistik xususiyatlarini o‘rganish hamda ular tomonidan sintez qilinadigan uchuvchan metabolitlarning kimyoviy tarkibini aniqlash ushbu shtammning metabolik imkoniyatlarini har tomonlama tavsiflash va uning biokontrol xususiyatlarini amaliyotga tatbiq etish muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

Tadqiqot natijalari

O‘tkazilgan skrining natijasida tadqiq qilingan 10 ta *Wickerhamomyces anomalus* shtammining barchasi *Penicillium expansum*, *Aspergillus flavus* va *Fusarium oxysporum* fitopatogen zamburug‘lariga nisbatan antagonistik faollik namoyon qildi (1-rasm).

DOI: 10.66073/ReFocus-Conf/3010003



1-rasm. *Wickerhamomyces anomalus* shtammlarining fitopatogen zamburug‘lar o‘sishiga ingibirlovchi ta’siri (%)

Taqdim etilgan diagrammada mahalliy ekotizimlardan ajratib olingan *Wickerhamomyces anomalus* achitqi shtammlarining asosiy fitopatogen zamburug‘lar — *Penicillium expansum*, *Aspergillus flavus* va *Fusarium oxysporum* mitseliysining o‘sishiga qarshi antagonistik faollik darajasi (%) keltirilgan. Olingan natijalarning tahliliga ko‘ra, tadqiq etilgan shtammlar orasida *W. anomalus* 120 va *W. anomalus* 95 shtammlari barcha sinovdan o‘tkazilgan fitopatogenlarga nisbatan eng yuqori (87,2-88,3%) antagonistik faollikni namoyon etdi. Shuningdek, *W. anomalus* 85 shtammi ham barcha patogenlarga nisbatan 72–85% oralig‘idagi yuqori ko‘rsatkichlarda aniqlandi. Boshqa shtammlar (*W. anomalus 81, 84, 86, 92, 93, 115* va *118*) ham muayyan darajada antagonistik faollikka ega bo‘lib, ularning ko‘rsatkichlari o‘rtacha 37,0% dan 86,0% gacha o‘zgarib turdi. Umuman olganda, olingan eksperimental natijalar mahalliy shtammlar orasida yuqori bionazorat salohiyatiga ega bo‘lgan shtammlar mavjudligini tasdiqlaydi. Jumladan, *W. anomalus* 120 va *W. anomalus* 95 shtammlarining keng spektrli fitopatogenlarga qarshi yuqori faollik ko‘rsatishi ularni qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini saqlashda biofungitsid sifatida amaliyotga joriy etish istiqbolli ekanligidan dalolat beradi.

Keyingi tajribalarimizda faol yuqori antagonist *W. anomalus* 95 shtammi ikkilamchi metabolitlari tarkibidagi uchuvchan birikmalar GC-MS usulida tahlil qilinganda, 30 daqiqa davomida 38 ta xromatografik pik aniqlandi (retensiya vaqti: 2,118–26,828 min). Mass-spektral kutubxona yordamida asosiy uchuvchan va yarim uchuvchan metabolitlar identifikatsiya qilindi. Gaz xromatografiyasi–mass-spektrometriyasi (GC-MS) natijalariga ko‘ra, *Wickerhamomyces anomalus* 95 shtammi ekstraktida yuqori mass-spektral moslikka (85–98%) ega bo‘lgan asosiy uchuvchan va yarim uchuvchan metabolitlar aniqlandi. Aniqlangan birikmalar qatoriga aromatik spirtlar (masalan, 2-feniletanol), fenol birikmalari (tirozol va uning atsetat hosilalari), organik va aminokislota hosilalari, shuningdek, yuqori biologik faollikka ega bo‘lgan diketopiperazinlar hamda to‘yinmagan yog‘ kislotalari kiradi (1-jadval). Bu metabolitlarning mavjudligi shtammning keng spektrli fitopatogen zamburug‘larga qarshi yuqori antagonistik va fungitsid xususiyatlarini belgilovchi asosiy kimyoviy omillardan biri hisoblanadi.

DOI: 10.66073/ReFocus-Conf/3010003

1-jadval. *Wickerhamomyces anomalus 95* shtammi ekstraktida yuqori darajadagi mass-spektral moslik bilan aniqlangan metabolitlar

№	Birikma	Kimyoviy formulasi	Retension vaqti, min	MS mosligi, %	Metabolit guruhi
1	D-Piroglutamin kislotasi	$C_5H_7NO_3$	3.816	98	Aminokislota hosilasi
2	2-Feniletanol	$C_8H_{10}O$	5.311	98	Aromatik spirt
3	Fenilsirka kislotasi	$C_8H_8O_2$	8.027	97	Aromatik organik kislota
4	Tirozol (4-gidroksifeniletanol)	$C_8H_{10}O_2$	10.797	98	Fenolik birikma
5	Tirozol atsetati	$C_{10}H_{12}O_3$	12.821	98	Fenolik ester
6	4-Gidroksifenilsirka kislotasi	$C_8H_8O_3$	13.631	97	Fenolik kislota
7	3-(2-Metilpropil)pirolo[1,2-a]pirazin-1,4-dion	$C_{11}H_{18}N_2O_2$	18.146	85	Diketopiperazin hosilasi
8	Linol kislotasi	$C_{18}H_{32}O_2$	20.235	92	To‘yinmagan yog‘ kislotasi
9	3-Benzil-2,5-piperazindion	$C_{11}H_{12}N_2O_2$	21.256	98	Diketopiperazin
10	3-Benzil-6-izopropil-2,5-piperazindion	$C_{14}H_{18}N_2O_2$	21.962	90	Diketopiperazin

Ekstraktning uchuvchan organik birikmalar profili asosan aromatik spirt va esterlarning mavjudligi bilan tavsiflanadi. Jumladan, 2-feniletanol 5.311 minutlik retension vaqtida 98% mass-spektral moslik bilan aniqlanib, uchuvchan organik birikmalar guruhidagi eng ishonchli komponentlardan biri bo‘ldi. 2-Feniletanol atirgul hidiga ega bo‘lgan aromatik spirt bo‘lib, ko‘plab mikroorganizmlar tomonidan ishlab chiqariladi va bir qator patogen mikroorganizmlarga qarshi antifungal faollik ko‘rsatgan. U fitopatogen zamburug‘lar mitseliy tuzilishini buzishi, oksidlovchi stressni yuzaga keltirishi, hujayra membranalarining yaxlitligini izdan chiqarishi va hosildan keyingi mevalarning sifatini saqlab qolishga yordam berishi aniqlangan. Tadqiqotlarda *Botrytis cinerea* patogeni mitseliylarining o‘sishini bostirish bo‘yicha eng kuchli birikmalardan biri sifatida qulupnay va pomidordagi kulrang chirishga qarshi samarali ta’sir ko‘rsatgan [16].

Shuningdek, fenilsirka kislotasining etil efiri 7.421 minutda 85% va 2-feniletil atsetat 7.658 minutda 91% moslik bilan aniqlandi. 3-Metilbutan kislotasi (izovalerian kislotasi) esa 2.118 minutda 93% moslik bilan qayd etilib, ekstraktning uchuvchan organik kislotalar komponenti sifatida baholandi.

O‘tkazilgan tahlillar *Wickerhamomyces anomalus* shtammlari sintez qiladigan uchuvchan organik birikmalar (UOB) postharvest kasalliklarga qarshi kurashda muhim ahamiyatga ega ekanligini ko‘rsatdi. Xususan, aniqlangan asosiy komponentlardan biri — 2-feniletanol (5.311 min, 98% moslik) atirgul hidiga ega aromatik spirt bo‘lib, ko‘plab mikroorganizmlar tomonidan ishlab chiqariladi va kuchli antifungal faollik namoyon etadi. U fitopatogen zamburug‘lar mitseliysining tuzilishini buzib, oksidlanish stressini keltirib chiqaradi va hujayra membranalarini izdan chiqaradi [16].

Adabiyot ma’lumotlari ham *W. anomalus* shtammlarining UOB profili asosan spirtlar va esterlardan (jl. *2-feniletanol, etil atsetat, izoamil atsetat, feniletil atsetat*) iborat ekanligini tasdiqlaydi [17]. Masalan, *B. cinerea* va *P. expansum*ga qarshi kurashda bu birikmalar spora unishi hamda

DOI: 10.66073/ReFocus-Conf/3010003

mitseliy o‘sishini samarali bostirishi ko‘rsatilgan [18]. Ushbu metabolitlarning miqdori va tarkibi shtammning biologik xususiyatlari hamda o‘stirish sharoitiga bog‘liq bo‘lib, mahalliy shtammlarning metabolik profili ularning yuqori biokontrol salohiyatini ilmiy jihatdan asoslaydi.

Xulosa

Gaz xromatografiyasi–mass-spektrometriyasi (GC-MS) natijalari *Wickerhamomyces anomalus* 95 shtammi ekstraktida aromatik spirtlar, fenolik birikmalar, organik hamda yog‘ kislotalari va siklik dipeptidlar mavjudligini ko‘rsatdi. Ayniqsa, 2-feniletanol va tirozol hosilalari kabi yuqori mass-spektral moslikka ega birikmalar shtammning fitopatogenlarga qarshi yuqori antagonistik va fungitsid ta’sirini belgilovchi asosiy metabolitlar sifatida baholanadi. Olingan natijalar mahalliy shtammlar asosida hosildan keyingi kasalliklarga qarshi biofungitsidlarni yaratishda istiqbolli ekanligini tasdiqlaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Olana RC, Harishchandra DL, Haituk S, et al. (2026) Mycofumigation with Beneficial Yeasts: An Eco-Friendly Approach Against Postharvest Pathogens. *Agronomy* 16: 392.
2. Yang Q, Lanhuang B, Zhu M, et al. (2023) Biocontrol efficacy of Wickerhamomyces anomalus on tomato field diseases and study of the relevant mechanisms via microbiome analysis. *Biological Control* 184: 105285.
3. Lanhuang B, Yang Q, Godana EA, et al. (2022) Efficacy of the Yeast Wickerhamomyces anomalus in Biocontrol of Gray Mold Decay of Tomatoes and Study of the Mechanisms Involved. *Foods* 11: 720.
4. Wang K, Ngea GLN, Godana EA, et al. (2023) Recent advances in Penicillium expansum infection mechanisms and current methods in controlling P. expansum in postharvest apples. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 63: 2598–2611.
5. Raynaldo FA, Dhanasekaran S, Ngea GLN, et al. (2021) Investigating the biocontrol potentiality of Wickerhamomyces anomalus against postharvest gray mold decay in cherry tomatoes. *Scientia Horticulturae* 285: 110137.
6. Freimoser FM, Rueda-Mejia MP, Tilocca B, et al. (2019) Biocontrol yeasts: mechanisms and applications. *World J Microbiol Biotechnol* 35: 154.
7. Zhang H, Godana EA, Sui Y, et al. (2020) Biological control as an alternative to synthetic fungicides for the management of grey and blue mould diseases of table grapes: a review. *Critical Reviews in Microbiology* 46: 450–462.
8. Godana EA, Edo GS, Yang Q, et al. (2024) Wickerhamomyces anomalus: A promising yeast for controlling mold growth and diverse biotechnological applications. *Trends in Food Science & Technology* 151: 104649.
9. Cappelli A, Ulissi U, Valzano M, et al. (2014) A Wickerhamomyces anomalus Killer Strain in the Malaria Vector Anopheles stephensi. *PLoS ONE* 9: e95988.
10. Zhang Q, Zhao L, Li Z, et al. (2019) Screening and identification of an antagonistic yeast controlling postharvest blue mold decay of pears and the possible mechanisms involved. *Biological Control* 133: 26–33.
11. Parafati L, Cirvilleri G, Restuccia C, et al. (2017) Potential Role of Exoglucanase Genes (WaEXG1 and WaEXG2) in the Biocontrol Activity of Wickerhamomyces anomalus. *Microb Ecol* 73: 876–884.
12. Zepeda-Giraud LF, Olicón-Hernández DR, Pardo JP, et al. (2020) Biological Control of Thielaviopsis paradoxa and Colletotrichum gloeosporioides by the Extracellular Enzymes of Wickerhamomyces anomalus. *Agriculture* 10: 325.
13. Hong S-H, Song Y-S, Seo D-J, et al. (2017) Antifungal activity and expression patterns of extracellular chitinase and β-1,3-glucanase in Wickerhamomyces anomalus EG2 treated with chitin and glucan. *Microbial Pathogenesis* 110: 159–164.

14. Zhang X, Yang Q, Solairaj D, et al. (2024) Volatile Organic Compounds of Wickerhamomyces anomalus Prevent Postharvest Black Spot Disease in Tomato. *Foods* 13: 1949.
15. Amorim-Rodrigues M, Brandão RL, Cássio F, et al. (2025) Wickerhamomyces anomalus is a predator of the Castanea spp. ink disease-causing oomycetes Phytophthora cinnamomi and P. xcambivora. Based on morphological evidence, a model illustrating a specific mode of action is provided. *Fungal Biology* 129: 101663.
16. Wu F, Lin Y, Zheng B, et al. (2024) 2-Phenylethanol biocontrol postharvest tomato gray mold and its effect on tomato quality. *Scientia Horticulturae* 337: 113550.
17. Contarino R, Brighina S, Fallico B, et al. (2019) Volatile organic compounds (VOCs) produced by biocontrol yeasts. *Food Microbiology* 82: 70–74.
18. Zhao Q, Zhang Y, Solairaj D, et al. (2025) A novel volatile organic compound composite from *Wickerhamomyces anomalus* controls blue and gray mold of kiwifruit through direct inhibition and host resistance activation. *Food Control* 175: 111309.