په ميوو کي د حاصل له راټولولو وروسته د فنگسي ناروغيو کيمياوي، بيولوژيکي او گډ مخنيوي د اغېزو پرتله

سراج الدين سعيد[1*] ، قدرت الله دوست[1]، رفيع الله رفيع[2]

[1]نبات ژغورني څانگه، د نباتي علومو پوهنځی، د افغانستان د کرنيزو علومو او تکنالوژي ملي پوهنتون، کندهار، افغانستان

[2]کرنيزي انجينري څانگه، د نباتي علومو پوهنځی، د افغانستان د کرنيزو علومو او تکنالوژي ملي پوهنتون، کندهار، افغانستان

[*]د مسؤل ليکوال ايميل ادرس: sarajudin56@gmail.com

لنډيز

مېوې د ويټامينو، معدني موادو، فيبر او انټي اکسيدانټ غني سرچينو درلودلو په اساس د انسانانو د غذا مهمه برخه ده، چې د غذايي ارزښت لرلو سره سره د اقتصاد لويه منبع هم ګڼل کيږي. حاصل له راټولولو وروسته ناروغی د مېوو په توليدي صنعت او سوداګريزه په برخه کي يو له اساسي ستونزو څخه ګڼل کيږي، چې هر کال مېوو ته په ډېره اندازه زيان رسوي. په دغه کتابتوني څېړنه کي د نړۍ د معتبرو ويب سايتونو او ژورنالو د نويو مقالو د ارقامو څخه ګټه اخيستل سوي او د مېوو د حاصل له راټولولو وروسته ناروغيو عاملين، زيان کچه او د ناروغيو د مخنيوي کړنلارو د اغېزو پرتله تر بحث لاندي نيول سوي ده. د مېوو د حاصل له راټولولو وروسته ناروغيو د چټک او اسانه مخنيوي له پاره د کېمياوي فنگس وژونکو موادو څخه ګټه اخستل کيږي، مګر د دې موادو څخه ګټه اخيستنه يو لړ روغتيايي او چاپېريالي ناوړه اغېزې رامنځته کوي. د دې ناروغيو د مخنيوي لپاره د کيمياوي فنگس وژونکو د بديلو کړنلارو لکه عمومي ساتونکي مالګي، نباتي شيره، بيولوژيکي عواملو او ګډ مخنيوي څخه ګټه اخيستل اغېزمن دي. په پايله کي د دې ناروغيو د مخنيوي بېلابېلو کړنلارو د ارزونو، روغتيايي خطرونو او چاپېريالي موضوعاتو په پام کي نيولو سره د مېوو د حاصل له راټولولو وروسته ناروغيو تر ټولو ښه او اغېزمنه د مخنيوي کړنلاره د ګډ مخنيوي کړنلاري څخه د ګټه اخيستني سپارښتنه کيږي.

کليدي کليمي: بيولوژيکي عوامل، د حاصل له راټولولو وروسته ناروغی، کيمياوي مخنيوی، ګډ مخنيوی، مېوې

سریزه

الحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعٰلَمِينَ، وَالصَّلَاةُ وَالسَّلَامُ عَلَى سَيِّدِنَا مُحَمَّدٍ، وَعَلَى آلِهِ وَصَحْبِهِ أَجْمَعِينَ.

مهوې د غذايي ارزښت لرلو سره سره د راټولولو، آماده کولو او وړاندې کولو پروسو په له مخې د اقتصاد لوېه منبع ګڼل کېږي. د مهوو تولید د غذايي بې امنی او ناوړه سؤي تغذيې په را لږولو، د اقتصاد پراختيا او انساني روغتيا په برخه کې ډېر ارزښت لري، ځکه مهوې د انتي اکسیدانت، ويتاميونو او معدني موادو په درلودلو سره لوړ غذايي او روغتيايي ارزښت لري چې د ډېرو مزمنو ناروغيو په مخنيوي کې مهمې دندې ترسره کوي(Palumbo et al., 2022). د مهوو نړۍوال تولید کچه مخ په ډېرېدو ده چې د 30 څخه و 60 ميليون متريک تنه ته رسيږي. د مهوو لوی تولیدونکي هيوادونه چين، هند، ايران، ويتنام، ترکيه او روسيه دي. د نړۍ په سطح زياتې مهوې په آسيا او لږه اندازه يې په افريقا کې مصرف کېږي، چين د مهوو د ډېر مصرف په اساس په نړۍ کې لومړۍ درجه هيواد دی چې د مهوو د نړيوال تولید 30 سلنه مهوې په دې هيواد کې مصرف کېږي. مهوې د لوړ رطوبت، فعاله فزيولوژيکي حالت او غني ترکيباتو لرلو له امله تخريب کېږي، په اسانی سره لنده بل د لاسه ورکوي او د حاصل له را ټولولو وروسته په بيلابيلو ناروغيو د اخته کېدو سبب ګرځي(Alemu et al., 2025; Marappan et al., 2025). په ورته ډول، مهوې د خپل تازه جوړښت له امله اکثره وختونه د حاصل له راټولولو وروسته د ناروغيو د عواملو له امله زيانمنيږي. په مهوو کښې له حاصل را ټولولو وروسته فنګسي ناروغی نه يوازې دا چې د مهوو د حاصلاتو کميت او کيفيت لږوي، بلکې د مايکوتوکسين په نوم ځينې زهري مواد توليدوي، همدا راز پاتولين چې د *Penicillium expansum* فنګس په وسيله توليديږی، د مصرف کوونکو د روغتيا لپاره لوی خطر ګڼل کېږي (Moradinezhad & Ranjbar, 2023; Tripathi & Dubey, 2004). د فنګسي عواملو ډېرې نوعې لکه *Penicillium, Botrytis, Alternaria* او *Colletotrichum* د مهوو ته زيان رسوي (Prusky & Romanazzi, 2023; Raynaldo et al., 2024).

د حاصل راټولولو وروسته د ناروغيو د مخنيوي پخوانۍ طريقه د کيمياوي فنګس وژونکو موادو کارولو پر بنسټ وه په داسي حال کې چې اوس د دې ناروغيو د مخنيوي کړنلارې د داسي کړنلارو پر اساس دی چې د کيمياوي موادو د پاته شونو څخه بشپړ پاک او د چاپيريال د قوانينو سره همغږي وي(Ali et al., 2026; S. Liu et al., 2026). په همدې اساس د بيولوژيکي مخنيوي د ميکروب ضد عواملو څخه ګټه اخيستنه لکه انتاګونيست ميکرواورګانيزمونه، طبيعی جوړښتونه چې نباتي او ميکروبی سرچينه ولري ګټه اخيستنه يو له مهمو لارو څخه ګڼل کېږي

(Lawal et al., 2025; Ramudingana et al., 2025). یاده مقاله د بیلابیلو د فنگس وژونکو موادو مصنوعي فنگس وژونکي، طبیعي فنگس وژونکي، لږ خطر لرونکي (عمومي ساتونکی مالگه، نباتي شیره) او د بیولوژیکي مخنیوي د عواملو د اغېزو پرتله د مېوو په حاصل را ټولولو وروسته ناروغیو په مخنیوي کي تر بحث لاندي نیسي.

سره له دې چي د حاصل راټولولو وروسته فنگسي ناروغیو د مخنیوي په اړه گڼې څېړنې ترسره سوي دي، ډېرې پخوانۍ څېړنې او مروري مقالې د مېوو د حاصل راټولولو وروسته ناروغیو د مخنیوي پر ځانگړو لارو تمرکز کوي. د کیمیاوي فنگس‌وژونکو، کم‌خطره کیمیاوي مرکباتو، طبیعي فنگس‌وژونکو او بیولوژیکي عواملو د اغېزمنتیا، محدودیتونو، خوندیتوب او عملي کارونې هراړخیزه پرتلیزه ارزونه اړینه ده. د دې کتابتوني مقالې موخه په مېوو کي د حاصل له راټولولو وروسته د فنگسي ناروغیو د مدیریت لپاره د کیمیاوي فنگس‌وژونکو، کم‌خطره کیمیاوي مرکباتو، طبیعي فنگس‌وژونکو او بیولوژیکي عواملو پرتلیزه ارزونه ده. په دې مقاله کي د یادو تگلارو اغېزمنتیا، د مېوو پر کیفیت اغېزې، د خوړو خوندیتوب، چاپېریالي اغېزې او محدودیتونه څېړل کېږي.

په مېوو کي د حاصل له راټولولو وروسته فنگسي ناروغۍ

په مېوو کي د حاصل له راټولولو وروسته ناروغۍ عموماً د نکروتروف فنگسونو په وسیله رامنځته کېږي، چې د میوو د حجروي دیوال تجزیه کوونکی انزایم او زهري موادو په تولید سره په کوربه نبات حمله کوي او د حجرو د مړینې او ورستېدو سبب کېږي (Feng et al., 2023; Rodrigues et al., 2024). د مېوه‌جاتو د حاصل را ټولولو وروسته د ناروغیو عاملینو مهم جنسونه هر یو لکه *Alternaria*، *Aspergillus*، *Botrytis*، *Colletotrichum*، *Fusarium*، *Geotrichum*، *Monilinia*، *Mucor*، *Penicillium* او *Rphizous* دي چې پر مېوه جاتو د کمیت او کیفیت له مخې منفي تاثیرات ښندي او په پایله کي د زیاتو اقتصادي زیانونو لامل گرځي (Li et al., 2025; Strano et al., 2022).

څېړونکو په مېوو کي د حاصل له راټولولو وروسته ناروغۍ د زیان کچه د ټول تولید په پرتله 44 سلنه ښودلې چې په مېوو کي د کیفیت او کمیت د زیانونو ډېر مهم او د پام وړ لوړ ارقام دي (Negi et al., 2017; Shafiee-Jood & Cai, 2016). مخ پر وده هیوادونو کښې د دې زیانونو د زیان کچه د ټول تولید په پرتله 20-50 سلني پورې رسیږي او په پرمختللو هیوادونو کي یې د زیان اندازه نژدې شاوخوا 20 سلنه ښودل سوې ده، چې د هغو له جملې څخه یوازي د فنگسي ناروغیو د زیان کچه و 20-25 سلني ته رسیږي. د ناروغیو دا عاملین د مېوه جاتو د ورستېدو سره

هم مهاله ېبلابېل زهري ترکیبات لکه مایکوتوکسین هم تولیدوي چې د دې مېوو څخه ګټه اخیستنه د انسان پر روغتیا منفي تاثیرات لري(HODGES et al., 2011; Kitinoja et al., 2011). د هغوی د جملې څخه د ځینو مېوه‌جاتو د ناروغیو عاملین او ځانګړني په 1 جدول کښې را خلاصه سوي دي.

1- جدول: په بیلابیلو میوو کي مهمي حاصل را ټولولو وروسته ناروغی

ناروغي	ناروغی عامل	حساسي مېوې	د ناروغی ځانګړتیاوي
ابي ورسټېدنه	*Penicillium expansum*	مڼه، ناک، هلو	پاتولین تولید، آبی- شین ورستیدنه
شنه ورستیدنه	*Penicillium digitatum*	سټروس (لیمو، مالټه،)	تیز بوی ورستیدنه، شین رنګه ورستیدنه
خړه ورستیدنه	*Botrytis cinerea*	کیوی، انګور، رومی، مڼه	خړ رنګه میسلیوم تولید، نرمه ورستیدنه
توري کرښې	*Alternaria alternata*	سټروس، کیوی، رومی	تورنګه ننوتلي کرښې، آلترناریول تولید
قرغنه	*Colletotrichum gloeosporioides*	کیله، آم، مرچک، نارنج	قهوه ای رنګه ننوتلي ورستیدنه، نارنجی رنګه سپورونو تولید
قهوه ای ورستیدنه	*Monilinia fructicola*	مڼه، هلو، شلیل	قهوه ای ورستیدنه د کړه ډول داغونه سره
سرکه ای ورستیدنه	*Geotrichum citri-aurantii*	سټروس	سرکه ای اوبه ایز ورستیدنه، د مېوې د پوست جلاکیدل

(HODGES et al., 2011; Kitinoja et al., 2011)

د فنګسي ناروغیو کېمیاوي مخنیوی

کېمیاوي فنګس وژونکي مواد

کیمیاوي فنګس وژونکي مواد اغېز ډېر چټکتیا، پراخوالي و د کاروني د اسانتیا له امله د څو لسیزو راهیسي په مېوو کي د حاصل راټولولو وروسته فنګسي ناروغیو په مخنیوي کي د اصلي کړنلارو په توګه کارول کیږي(Dukare et al., 2019; Palou et al., 2016). نوموړي کیمیاوي مواد په ېبلابیلو بڼو لکه پوډر، اسپري، ګازي، پوښښي او مومي ډول سره موندل کیږي(Papoutsis et al., 2019)، چې مهمي ډلې په لاندي ډول سره دي:

- **بنزامیدازول ډله**: دغه ډله فنګس وژونکي مواد د توبولین سره یوځای کیږي او د فنګس د حجروي ویش مخنیوي کوي لکه تیابندازول او بنومیل (Adaskaveg & Förster, 2015).

- **تريازول ډله**: دغه ډله فنگس وژونکي مواد د فنگس حجروي پردي کي د ارگوسترول د جوړښت مخنيوي کوي لکه، ايمازاليل او پروکلراز (Schirra, D'aquino, et al., 2006).
- **استروبيلورين ډله**: د غه ډله فنگس وژونکي مواد د مايتوکاندريا د تنفس مخنيوی کوي لکه، تری‌فلوکسی‌استروبين و پيراکلواستروبين (Zhao et al., 2025).
- **فنيل پيرول ډله**: د غه ډله فنگس وژونکي مواد د فنگس د خوړو جذب عمليه کي خنډ رامنځته کوي لکه، فلوديوکسانيل (Hatem et al., 2022).

څېړنو ښودلې ده چې د حاصل راټولولو وروسته ناروغيو په مخنيوي کي فنگس وژونکو کېمياوي موادو د کاروني اغېزمنتيا تائيد کړي ده، د ياد فنگس وژونکو د مخنيوي سلنه، اغېزمن غلظت او جوړښتيز نوم په 2 جدول کي را خُلاصه سوي دي، همداراز د نوموړو فنگس وژونکو پرتله ايز ارقام ښيي چې د حاصل راټولولو وروسته ناروغيو په مخنيوي کي د کيمياوي فنگس وژونکو موادو اغېزمنتيا له 100-93 سلنه ده (Hrustić et al., 2024)، په داسي حال کي چې ددې موادو د ډيري کاروني له امله نويو او لويو خطرونو سره مخامخ يو.

2- جدول: مېوو د حاصل راټولولو وروسته ناروغيو په مخنيوي کي د څو مهمو فنگس وژونکو موادو د کاروني اغېزمنتيا

فنگس وژونکي	جوړښتيز نوم	د مخنيوي سلنه	پتوجن	کوربه	اغېزمن غلظت	ماخذ
بنزيميدازول	تيابندازول	82-88%	*P. expansum*	مېنه	500 ppm	(Puglisi & Amiri, 2026)
تريازول	ايمازاليل	>90%	*P. digitatum*	نارنج	200 ppm	(Puglisi & Amiri, 2026)
استروبيلورين	تری‌فلوکسی استروبين	90-85%	*P. digitatum*	سترو س	150 ppm	(Schirra, D'Aquino et al., 2006)
فنيل‌پيرول	فلوديوکسانيل	92-100%	*M. fructicola*	شفتالو	0.1%	(Hrustić et al., 2024)
آنيلينو پيريميدين	پيريمتانيل	88-85%	*B. cinerea*	انگور	100 ppm	(Puglisi & Amiri, 2026)

د فنګس وژونکو موادو پاتې شونې او خطرونه

د فنګس وژونکو په وړاندې مقاومت: د فنګس وژونکو موادو د یوې ډلې پرله پسې ګټه اخیستل د فنګسونو د مقاومت د لوړوالي سبب کیږي، د *Botrytis cinerea* نوعې او د *Penicillium* د څو نوعو په مقاومت کې د لوړوالي راپورونه په ډیره اندازه سره ورکړل سوي دي(Leng et al., 2023)، چې د مقاومت یو، دوه او درې ډله ایز ډولونه په سوداګریزو کارخونو کې لیدل سوي دي او د څو فنګس وژونکو موادو د کارونې اغېزمنتیا په ډیره اندازه سره کمه سوي ده(Lawal et al., 2025).

د فنګس وژونکو پاته شونو روغتیایې خطرونه: په میوو کي د فنګس وژونکو موادو پاته شوني د انسان و روغتیا ته یو له لویو خطرونو څخه دي، چې په مصرف کوونکو کي د سرطاني اغېزو او هورمونی ګډوډی د رامنځته کولو لامل کیږي(Banshtu et al., 2025).

چاپېریال ته خطرونه: د کیمیاوي فنګس وژونکو موادو بې اندازې ډیره کارونه د چاپېریال د ککړتیا او د کرنیز ایکوسیستم د زیان لامل ګڼل کیږي(Palou, 2018).

نباتي مسمومیت: د کیمیاوي موادو یو شمیر جوړښتونو څخه په لوړ غلظت سره ګټه اخیستل د میوو و انساجو ته زیان رسوي، د بیلګې په ډول په نارنج نبات کي متابی سوډیم سلفیټ د 1 سلنه څخه په لوړ غلظت کي ګټه اخیستل د دایروي حلقو او داغونو سبب سوي دي (Palou, 2018).

کم خطره د کېمیاوي موادو بدیل

د کیمیاوي فنګس وژونکو موادو د کارونې خنډونه او د انسان روغتیا او چاپېریان ته د ډیرو نویو خطر ناکو زیانونو لامل ګرځیدلی دی، نو ځکه اوس د متخصصانو پام و کم خطره او طبیعي جوړښت لرونکو فنګس وژونکو موادو ته ډیر سوی دی کوم چې د چاپېریال د قوانینو سره همږغي دي(Zhang et al., 2018)، چې تفصیل یې په لاندې ډول سره دی:

خوندي مالګې

عمومي ساتونکي مالګې(Generally Recognized as Safe) بې زیانه کیمیاوي جوړښتونه دي چې د غذایي موادو سره د ساتونکو موادو په توګه ګټه اخیستل کیږي، دغه مواد د فنګس ضد ځانګړتیاوي لري لکه سوډیم بای کاربونیټ، امونیوم بای کاربونیټ، پوتاشیم سوربات او سوډیم سلفیت(Palou & Pérez-Gago, 2021). دغه مالګې د آمریکا د درملو او غذا د اداري (FDA) لخوا د بې زیانه (GRAS) موادو په توګه پېژندل سوي دي او د ډیري کارونې لپاره یې هڅې کیږي ځکه چې دغه مالګې هیڅ پاته شوني هم نلري (He et al., 2019; Zhao et al., 2025). ددې موادو نوري ګټې عبارت دي له: په اوبو کي په اسانی سره د حل وړتیا، ژر تجزیه،

په اسانی سره ترلاسه کولو وړتيا او د ميکروب ضد فعاليتونه(Elshahawy et al., 2023; Palou, 2018). 3 جدول د حاصل راټولولو وروسته ناروغيو په مخنيوي کي د څو عمومي ساتونکو مالگو د گټه اخيستلو اغېزمنتيا ښيي.

3- جدول: د حاصل راټولولو وروسته ناروغيو په مخنيوي کي د عمومي ساتونکو مالگو د کاروني اغېزمنتيا

عمومي ساتونکي مالگي	اغېزمن غلظت	پتوجن	کوربه	د مخنيوي اندازه په لابراتواري شرايطو کي	مأخذ
ميتاباى سوديم سلفيت	0.2%	*Monilinia fructocola*	مڼه	100%	(Palou, 2018)
امونيم باى کاربونيت	0.2%	*B. cinerea*	مڼه	95%	(Allagui & Ben Amara, 2024)
پوتاشيم باى کاربونيت	0.2%	*B. cinerea*	مڼه	95%	(Allagui & Ben Amara, 2024)
سوديم باى کاربونيت	0.2%	*B. cinerea*	مڼه	95%	(Allagui & Ben Amara, 2024)
سوديم کاربونيت	1%	*P. italicum*	سټروس	100%	(Allagui & Ben Amara, 2024)
سوديم کاربونيت	1%	*P. digitatum*	نارنج	100%	(Allagui & Ben Amara, 2024)
آمونيوم باى کاربونيت	2%	*P. digitatum*	نارنج	77%	(Elshahawy et al., 2023)
پوتاشيم سليکيت	6%	*B. cinerea*	څمکنی توت	100%	(Elshahawy et al., 2023)
سوديم سليکيت	6%	*B. cinerea*	مڼه	100%	(Elshahawy et al., 2023)

څېړني څرگندوي چي ميتاباي سوديم سلفيت په 0.2 سلنه غلظت سره په بشپړ ډول د *Alternaria alternata*، *Botrytis cinerea*، *Penicillium italicum* او *P. digitatum* د مايسيليوم د ودي مخنيوي کړی دی. امونيم باى کاربونيت هم په همدي غلظت کي 77 سلنه مخنيوی له څانه ښودلی دی. په څېړنيزو شرايطو کي د ميتاباي سوديم سلفيت په0.5 سلنه غلظت کي و کولای سول چي په بشپړه ډول سره په مڼو کي د *B. Cinerea* په وسيله سره رامنځته سوي ورستيدني د پراختيا مخنيوي وکړ (Palou et al., 2016; Zhao et al., 2025).

نباتي شيره

نباتي شيره د فينولي او ترپنوييدي جوړښتونو په لرولو سره د فنگس ضد ځانگړني څرگندي کړي دي(Palou et al., 2016). گازي مرکبات لکه الکول، الديهايد، استرونه، اروماتيک

هایدروکاربنونه، ترپنونه، نیتریدونه او سلفیدونه د کم مالیکولي وزن لرلو په اساس د میکروب ضد قوي اغېزمنتیا لري چې د ژوندي ګازي جوړښتونو په توګه کار کوي(Gatto et al., 2011; Gholamnezhad, 2019).

4- جدول: حاصل را ټولولو وروسته ناروغیو په مخنیوي کي د نباتي شیره اغېزمنتیا

نباتي شیره	اغېزمن غلظت	پتوجن	کوربه	د ځېرنې ډول	د مخنیوي اندازه	منابع
آویشن	0.05 µL/mL	*D. seriata*	مڼه	لابراتواري	100%	(Gholamnezhad, 2019)
آویشن	0.05 µL/mL	*B. dothidea*	مڼه	لابراتواري	100%	(Gholamnezhad, 2019)
لیمو	0.07 µL/mL	*D. seriata*	مڼه	لابراتواري	100%	(Gatto et al., 2011)
لیمو	0.09 µL/mL	*B. dothidea*	مڼه	لابراتواري	100%	(Gatto et al., 2011)
پالما روزا	1%	*C. gloeosporioides*	پاپایا	زخیره ځای	65-75%	(Gatto et al., 2011)

د 4 جدول له مخې لیدل کیږي چې د نباتي شیرې اغېزمنتیا په لابراتواري او ذخیره ځای په شرایطو کي یو له بل سره ورته نه دي. د خوراکي موادو د پوښښ کوونکو مواد او یا نانو تکنالوژی سره یو ځای له نباتي شیرې څخه ګټه اخیستل د دي موادو په اغېزمنتیا کي د ډیروالي سبب ګڼل کیږي(Cruz et al., 2013; Gatto et al., 2011).

بیولوژیکي مخنیوی

په مېوو کي د حاصل له راټولولو وروسته ناروغیو په بیولوژیکي مخنیوي کي د انتاګونیست باکتریا، خمیرمایې او فنګسونو څخه ګټه اخیستل کیږي، د بیولوژیکي مخنیوي دغه عوامل په بیلابیلو میکانیزمونو سره د نبات ناروغ کوونکو عواملو (فنګس، باکتریا) سره مبارزه او سیالي کوي(Cheng et al., 2023; Ling et al., 2024)، چې په لاندي ډول سره تشریح سوي دي.

- د فنګسونو ضد او ګازي ثانیوه موادو ترشح کول.
- پرازیتیزم د فنګسونو د حجروي دیوال تجزیه کوونکي انزایمونو ترشح کول.
- په ځای او د غذایي موادو جذب کي سیالي کول.
- د کوربه نبات د مقاومت لوړول.

له دي ډلي څخه په بيولوژيکي مخنيوي کي اغېزمن عوامل د باکتريا له ډلي څخه د باسيلوس (*Bacillus*) يو شمېر گټوري باکترياوي لکه *B. amyloliquefaciens* او *B. subtilis* د خمير جوړونکو فنگسونو له ډلي څخه *Candida oleophila*، *Metschnikowia pulcherrima* او *Hanseniaspora uvarum* او گټورو فنگسونو له ډلي څخه د *Trichoderma* هغه نوعي دي چې د نباتي ناروغيو په مخنيوي کي ډېر اغېزمن دی(Cheng et al., 2023; Ramudingana et al., 2025; Zhang et al., 2022) ځيني نبات ته وده ورکونکي باکترياوي لکه *Bacillus* او *Pseudomonas* په کوربه نبات کي د ايتلين اندازه کمولو سره د پتوجن فعاليت مخه نيسي، د ليتيک اسيد انزايم په توليد سره د نبات وده هڅوي، د پورته ځانگړتياوو په لرولو سره ياد د بيولوژيکي مخنيوي عوامل د ناروغيو په مخنيوي کي گټور دی (Ling et al., 2023; W. Liu et al., 2025; Taha et al., 2023). د بيولوژيکي مخنيوي د عواملو د ميکانيزم ډولونه او تفصيل په 5 جدول کي ځای پر ځای سوي دي.

5- جدول: د بيولوژيکي مديريت د عواملو ميکانيزم

تفصيل	ميکانيزم	بېلگه
انتي بيوتيک، گازي دوهمي مواد او ليتيک انزايم توليد	مستقيم انتاگونيزم	انتي بيوتيک توليد *Bacillus subtilis*
د خوراکي موادو او ځای پرسر سيالي	سيالي	*Candida oleophila*
د کوربه نبات د فاعي سيستم فعال کول	دفاعي مقاومت	سيستماتيک مقاومت *Trichoderma*
د فنگس په مايسيليوم باندي مستقيم حمله کول	ميکوپارازيتيسم	مايسيليوم خوراک *Trichoderma harzianum*

د بيولوژيکي مخنيوي اغېزمنتوب

د مېوو د حاصل راټولولو وروسته ناروغيو په مخنيوي کي د بيولوژيکي مخنيوي د عواملو څخه گټه اخيستل د يو لړ اغېزمنو ځانگړتياوو په لرلو سره ترسره کيږي، چې عبارت دي له په مېوو کي د ناوړه روغتيايې اغېزو نه شتون، په لړ وخت کي ثبات ترلاسه کول، په کښته درجه تودوخه کي فعاليت، جنيټيکي ثبات، په کم لگښت سره توليدول، د انسان او چاپېريال لپاره بې خطره او د هغو کړنلارو سره همغږي چې تر حاصل ټولولو څخه وروسته تر سره کيږي(Xi et al., 2022; Zheng et al., 2024). په 6 جدول کي د بيولوژيکي مخنيوي د عواملو د گټه اخيستلو اغېزمنتيا څرگنده سوي ده.

6- جدول: د مېوو د حاصل له راټولولو وروسته ناروغیو په مدیریت کي د بیولوژیکی عواملو اغېزمنتیا.

پتوجن	کوربه	میکانیزم	بیولوژیکي مخنیوي عوامل	اغېزمنتیا	ماخذ
B. cinerea	مېنه	پارازیتیسم	*Metarhizium anisopliae*	92%	(Guigón-López et al., 2021)
B. cinerea	رومی	انتي بیوتیک تولیدول	*Bacillus subtilis*	89%	(Taha et al., 2023)
P. expansum	مېنه	سیالي	*Metschnikowia pulcherrima*	69-84%	(Acar et al., 2024)
B. cinerea	ځم کنې توت	لیتیک انزایم تولید	*Serratia rubidaea*	71%	(Alijani et al., 2023)
Colletotrichum gloeosporioides	مېنه	میکوپارازیتسم	*Trichoderma harzianum*	44%	(Zhang et al., 2022)
P. expansum	مېنه	سیالي او ثانیوه موادو تولیدول	*Aureobasidium* spp.	65-75%	(Cignola et al., 2024)
P. digitatum	نارنج	انتي بیوتیک تولیدول	*Pseudomonas* sp.	82-89%	(Taha et al., 2023)
Penicillium expansum،	مېنه	لیتیک انزایم تولید	*Debaryomyces hansenii*	37%	(Xi et al., 2022)
M. fructicola	مېنه	پارازیتیسم	*Wickerhamomyces anomalus*	69%	(Czarnecka et al., 2019)
Fusarium wilt	کیله	انتي بیوتیک تولیدول	*Burkholderia pyrrocinia*	77%	(Xu et al., 2020)

بيولوژيکي مخنيوي خنډونه

د ډيرو گټو تر څنگ د بيولوژيکي مخنيوي عوامل په ترويجي او سوداگريزه برخه کي يو شمېر ننگوني هم لري چي عبارت دي له:

- **ثبات او بقا:** د حمل او نقل په پروسه کي د ميکرو اورگانيزمونو ژوندي ساتل.
- **بي ثباته اغېزمنتيا**: د بيولوژيکي مخنيوي د عواملو اغېزمنتيا ډير ځله د چاپيريالي شرايطو تودوخي، لندبل او د پتوجنونو نفوس تر اغېز لاندي وي. معمولا د بيولوژيکي عواملو غلظت 10 تر 100 ځله د پتوجن څخه ډير وي ترڅو ښه اغېزمنتيا ولري.
- **قانوني او ثبت خنډ**: د بيولوژيکي مخنيوي عواملو توليد، ثبت او تائيد يو پيچلي او ډير وخت غوښتونکي پروسي ته اړتيا لري.

غذايي پوښ

غذايي پوښ د غذايي موادو څخه جوړه طبقه ده چي په مستقيم ډول د مېوو سطح پوښي او د يوه باندني ساتونکي په توگه د ناروغيو د عاملينو په مقابل کي د ميوو د ساتني دنده تر سره کوي (Hussein Ziedan et al., 2018; Miranda et al., 2024). جوړښتيز مواد يي کيتوزان، د سلولوز مواد، الزينات (Zinnat) او يا نباتي پروټينونه دي. غذايي پوښ د ميوو د عمر د ډيروالی سبب گرځي او د گازاتو د تبادلې د مخنيوي په ترسره کولو سره د ميوو په ساتنه کي مهم ارزښت لري. دغه غذايي پوښ د داسي موادو څخه جوړ سوي دي، چي د انسان روغتيا ته بي زيانه او د خوراک لپاره مناسب دي (Romanazzi & Moumni, 2022). په 7 جدول کي د غذايي پوښ اغېزمنتيا څرگنده سوې ده.

7- جدول: د مېوو د حاصل له راټولولو وروسته ناروغيو په مخنيوي کي د غذايي پوښ اغېزمنتيا

د پوښ ډول	کوربه	پتوجن	فعال ماده	د ورستيدو مخنيوي	منابع
کيتوزان	الو	*B. cinerea*	اسانس آويشن	80-85%	(Romanazzi & Moumni, 2022)
الزينات	نارنج	*P. digitatum*	بی‌کربانات سديم	70-75%	(D'aquino et al., 2022)
کيتوزان	مڼه	*P. expansum*	نانوذرات نقره	85-90%	(Romanazzi & Moumni, 2022)

سلولز	کیله	*M. fructicola*	اسانس دارچین	75-82%	(Hussein Ziedan et al., 2018)

غذایي پوښ کارول د مېوو د حاصل راټولولو وروسته ناروغیو په مخنیوي کي یو له ارزښتناکو مېتودونو څخه دی، په 7 جدول کي د یو شمیر مېوو د حاصل راټولولو وروسته ناروغیو د غذایي پوښ په وسیله یي د مخنیوي اغېزمنتیا څرګندیږي، چې په الو او مڼه کي غذایي پوښ (کیتوزان) کارول له 80% څخه تر 90% د ترخه او ابي ورستیدني ناروغیو مخنیوی ترسره کړی دی.

ګډ مخنیوی

د مېوو د حاصل راټولولو وروسته ناروغیو د مخنیوي هره کړنلاره لکه کیمیاوي، فزیکي، کرنیزه او بیولوژیکي مخنیوي په یوازي حالت د دې ناروغیو په مخنیوي کي بشپړه اغېزمن کیدلای نسي، نو ځکه ګډي کړنلاري (Hurdle technology) ته اړتیا ده، ځکه په دې کړنلاره کي د ناروغیو د مخنیوي له څو کړنلارو څخه په یوه وخت او یا په پرله پسې ډول ګټه اخیستل کیږي، چې په دې سره د ناروغیو په مخنیوي کي ډیر اغېزمنتوب تر لاسه کیږي(de Chiara, 2025; Yang et al., 2026). 8 جدول کي د ګډي کړنلاري بېلګي او اغېزمنتوب په لنډ ډول سره پرتله سوی دی.

8- جدول: د حاصل راټولولو وروسته ناروغی په مخنیوي کي د ګډي کړنلاري بڼه والی

ګډه کړنلاره	پتوجن	کوربه	ورستیدو مخنیوی	ګټورتیا	مأخذ
C. oleophila + بای‌کاربونیت 2%سودیم	*P. digitatum*	پاپایا	85-90%	20% د مېوې عمر ډیروالی	(Pandey & Pal, 2024)
T. harzianum + 40 C°	*B. cinerea*	ابي بیري	90-95%	15% د مېوې عمر ډیروالی	(Palumbo et al., 2022)
اسانس آویشن + پوشش کیتوزان	*M. fructicola*	هلو	85-90%	22% د مېوې عمر ډیروالی	(Yang et al., 2026)
UV-C + *B. subtilis*	*P. expansum*	مڼه	80-86%	26% د مېوې عمر ډیروالی	(Wang et al., 2025)

د مېوو د حاصل راټولولو وروسته ناروغيو په مخنيوي کي د گډې کړنلاري اغېزمنتيا تر کيمياوي، بيولوژيکي او بيولوژيکي مخنيوي تر اغېزمنتيا ډيره ده، ځکه په دي ميتود کي د کيمياوي موادو پاته شوني له مېوو څخه نه ترلاسه کيږي، دغه ميتود د چاپيريالي قوانينو سره همغږی دی. په 8 جدول کی ليدل کيږي، چې په مڼه او ځمکني توت په توره او ابي ورستيدني ناروغيو په مخنيوي کي د گډې کړنلاري اغېزمنتيا 90-95% سره سره 26% د مېوو د عمر (Shelf-life) د ډيروالي لامل هم گرځيدلي دي. د ميوو د حاصل له راټولولو وروسته ناروغيو د مديريت له کړنلارو څخه چټکه او اغېزمنه کړنلاره د کېمياوي فنگس وژونکو موادو گټه اخيستل دي، مگر د کيمياوي فنگس وژونکو موادو ډيره او پرله پسي گټه اخيستل يو شمير ستونزي رامنځته کړي دي د مصرف کوونکو د غوښتنو، لوړ ثبات او پتوجنونو د مقاومت له اړخه، له همدې امله، د دې ناروغيو د مخنيوي تر ټولو ډير اغېزمنه کړنلاره گډ مخنيوی دی.

پايله

د مېوو د حاصل له راټولولو وروسته فنگسي ناروغۍ د مېوې د کيفيت، کيميت او اقتصادي ارزښت د کمېدو له مهمو لاملونو څخه شمېرل کيږي. کېمياوي فنگس وژونکي مواد د دې ناروغيو په مخنيوي کي چټک عمل او لوړه اغېزمنتيا لري، له دې اغېزمنتيا سره سره د کېمياوي موادو پاته شوني، چاپېريالي خطرونه، د فنگسي ناروغيو د مقاومت ډېروالی او پراخه گټه اخيستنه د کېمياوي مخنيوي د محدوديتونو څخه شمېرل کيږي. له بلي خوا د عمومي ساتونکو مالگو، نباتي شېرې او بيولوژيکي عواملو څخه گټه اخيستل د کيمياوي موادو د استعمال لپاره مناسب بديلونه دي. د موجودو شواهدو پر بنسټ، د مخنيوي گډه تگلاره (Hurdle Technology) د بېلابېلو ميتودونو د تکميلي اغېزو له امله تر ټولو ښه او اغېزمنه لاره څرگندېږي، چې د مېوو د حاصل راټولولو وروسته ناروغيو د مخنيوي تر څنگ د مېوو د ساتنې موده هم اوږدوي او د کيمياوي فنگس وژونکو موادو پرله‌پسې استعمال ته اړتيا راکموي. په ټوله کې، د مېوو د حاصل له راټولولو وروسته د فنگسي ناروغيو د دوامدار مخينوي لپاره د کيمياوي، کم‌خطره او بيولوژيکي ميتودونو له مناسب ترکيب څخه استفاده، د روغتيايي، چاپېريالي او اقتصاد له پلوه تر ټولو مناسب انتخاب دی.

سپارښتنې

د مېوو د حاصل راټولولو وروسته ناروغيو د مخنيوي په موخه لاندې سپارښتنو توصيه کيږي.

1. د ميوو د راټولو پر مهال غور کول چې زخمي نسي.

2. د مېوو د ناروغیو د مخنیوي په برخه کي د کارپوهانو سره مشوره کول.
3. میوې دي خپلو ځانګړتیاوو ته په کتو سره د ذخیره ځای په شرایطو کي ذخیره سي.
4. د مېوو د ناروغیو د مخنیوي لپاره د کېمیاوي فنګس وژونکو بدیلو کړنلارو څخه ګټه اخیستل.

مأخذونه

Acar, E. G., Dikmetas, D. N., Devecioglu, D., Ozer, E. M., Sarikece, H., & Karbancioglu-Guler, F. (2024). Antagonistic Activities of Metschnikowia pulcherrima Isolates Against Penicillium expansum on Amasya Apples. *Current Microbiology*, *81*(7), 180. https://doi.org/10.1007/s00284-024-03700-1

Adaskaveg, J. E., & Förster, H. (2015). Resistance in Postharvest Pathogens of Citrus in the United States. In *Fungicide Resistance in Plant Pathogens* (pp. 449–466). Springer Japan. https://doi.org/10.1007/978-4-431-55642-8_28

Alemu, T. T., Intipunya, P., & Gebeyo, B. A. (2025). A comprehensive review of edible coatings for postharvest management of fruits and vegetables: enhancing food and nutrition security. *Discover Agriculture*, *3*(1), 190. https://doi.org/10.1007/s44279-025-00348-8

Ali, A., Singh, S., Fatima, N., Tatar, M., & Shahbaz, M. (2026). Sustainable postharvest disease management: Integrating biological insights, technological innovations, omics, and precision strategies. *Postharvest Biology and Technology*, *241*, 114498. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2026.114498

Alijani, Z., Amini, J., Karimi, K., & Pertot, I. (2023). Characterization of the Mechanism of Action of Serratia rubidaea Mar61-01 against Botrytis cinerea in Strawberries. *Plants*, *12*(1), 154. https://doi.org/10.3390/PLANTS12010154/S1

Allagui, M. B., & Ben Amara, M. (2024). Effectiveness of Several GRAS Salts against Fungal Rot of Fruit after Harvest and Assessment of the Phytotoxicity of Sodium Metabisufite in Treated Fruit. *Journal of Fungi 2024, Vol. 10, Page 359*, *10*(5), 359. https://doi.org/10.3390/JOF10050359

Banshtu, T., Katna, S., Devi, N., Kumar, A., Singh, S., & Sharma, S. (2025). Residues in apple fruit and juice after post- harvest application of fludioxonil 23 % w/v SC (Scholar 230SC). *Journal of Food Composition and Analysis*, *148*, 108140. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2025.108140

Cheng, M., Meng, F., Lv, R., Wang, P., Wang, Y., Chen, X., & Wang, A. (2023). Postharvest preservation effect of composite biocontrol agent on tomatoes. *Scientia Horticulturae*, *321*, 112344. https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2023.112344

Cignola, R., Zucchinali, S., Firrao, G., & Di Francesco, A. (2024). Aspects of the biocontrol activity of Aureobasidium spp. strain against Penicillium expansum of apple. *Annals of Applied Biology*, *184*(3), 307–313. https://doi.org/10.1111/aab.12892

Cruz, M. E. S., Schwan-Estrada, K. R. F., Clemente, E., Itako, A. T., Stangarlin, J. R., & Cruz, M. J. S. (2013). Plant extracts for controlling the post-harvest

anthracnose of banana fruit. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, *15*(SUPPL. 1), 727–733. https://doi.org/10.1590/S1516-05722013000500013

Czarnecka, M., Żarowska, B., Połomska, X., Restuccia, C., & Cirvilleri, G. (2019). Role of biocontrol yeasts Debaryomyces hansenii and Wickerhamomyces anomalus in plants' defence mechanisms against Monilinia fructicola in apple fruits. *Food Microbiology*, *83*, 1–8. https://doi.org/10.1016/J.FM.2019.04.004

D'aquino, S., Strano, M. C., Gentile, A., & Palma, A. (2022). Decay Incidence and Quality Changes of Film Packaged 'Simeto' Mandarins Treated with Sodium Bicarbonate. *Horticulturae 2022, Vol. 8, Page 354*, *8*(5), 354. https://doi.org/10.3390/HORTICULTURAE8050354

de Chiara, M. L. V. (2025). Mild microwave heating and anti-browning application in a hurdle technology approach to prolong shelf life of fresh cut apples. *Acta Horticulturae*, *1*(1442), 123–130. https://doi.org/10.17660/ACTAHORTIC.2025.1442.17

Dukare, A. S., Paul, S., Nambi, V. E., Gupta, R. K., Singh, R., Sharma, K., & Vishwakarma, R. K. (2019). Exploitation of microbial antagonists for the control of postharvest diseases of fruits: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *59*(9), 1498–1513. https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1417235

Elshahawy, I., Saied, N., & Abd-El-Kareem, F. (2023). Hot water treatment in combination with silicate salts dipping for controlling apple gray mold caused by Botrytis cinerea Pers.:Fr. *Bulletin of the National Research Centre 2023 47:1*, *47*(1), 102-. https://doi.org/10.1186/S42269-023-01080-3

Feng, H., Wang, C., He, Y., Tang, L., Han, P., Liang, J., & Huang, L. (2023). Apple Valsa canker: insights into pathogenesis and disease control. *Phytopathology Research*, *5*(1), 45. https://doi.org/10.1186/s42483-023-00200-1

Gatto, M. A., Ippolito, A., Linsalata, V., Cascarano, N. A., Nigro, F., Vanadia, S., & Di Venere, D. (2011). Activity of extracts from wild edible herbs against postharvest fungal diseases of fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, *61*(1), 72–82. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2011.02.005

Gholamnezhad, J. (2019). Effect of plant extracts on activity of some defense enzymes of apple fruit in interaction with Botrytis cinerea. *Journal of Integrative Agriculture*, *18*(1), 115–123. https://doi.org/10.1016/S2095-3119(18)62104-5

Guigón-López, C., Holguín-Ibarra, P. D., Torres-Zapien, J. H., García-Cruz, I., Villapando, I., & Salas-Salazar, N. A. (2021). Metarhizium anisopliae reduces conidial germination and mycelium growth of the apple gray mold Botrytis cinerea. *Biological Control*, *160*, 104660. https://doi.org/10.1016/J.BIOCONTROL.2021.104660

Hatem, A., Karpova, N., Yaderets, V., Glagoleva, E., Petrova, K., Shibaeva, A., Ovchinnikov, A., & Dzhavakhiya, V. (2022). Inhibition of the Growth and Development of Potato Early Blight Pathogen (Alternaria solani) by Combining Penicillium chrysogenum VKM F-4876D with Some Strobilurin-

, Triazole-, and Phenylpyrrole-Based Fungicides. *Agriculture (Switzerland)*, *12*(9), 1488. https://doi.org/10.3390/AGRICULTURE12091488/S1

He, C., Zhang, Z., Li, B., Xu, Y., & Tian, S. (2019). Effect of natamycin on Botrytis cinerea and Penicillium expansum—Postharvest pathogens of grape berries and jujube fruit. *Postharvest Biology and Technology*, *151*, 134–141. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.02.009

HODGES, R. J., BUZBY, J. C., & BENNETT, B. (2011). Postharvest losses and waste in developed and less developed countries: opportunities to improve resource use. *The Journal of Agricultural Science*, *149*(S1), 37–45. https://doi.org/10.1017/S0021859610000936

Hrustić, J., Vojinović, U., Mihajlović, M., Stević, M., & Pešić, B. (2024). Effectiveness of Fludioxonil, a New-Generation Reduced-Risk Fungicide, Against Brown Rot Pathogens. *Current Microbiology 2024 81:9*, *81*(9), 281-. https://doi.org/10.1007/S00284-024-03808-4

Hussein Ziedan, E. S., El Zahaby, H. M., Maswada, H. F., & El Rafh Zoeir, E. H. A. (2018). Agar-agar a promising edible coating agent for management of postharvest diseases and improving banana fruit quality. *Journal of Plant Protection Research*, *58*(3). https://doi.org/10.24425/122938

Kitinoja, L., Saran, S., Roy, S. K., & Kader, A. A. (2011). Postharvest technology for developing countries: challenges and opportunities in research, outreach and advocacy. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *91*(4), 597–603. https://doi.org/10.1002/jsfa.4295

Lawal, H., Gaddafi, M. S., Jamiu, A. M., Edo, G. S., Fremah, O. G., El-yakub, A. U., Mahunu, G. K., Wang, K., Zhang, H., & Yang, Q. (2025). Biocontrol and Nanotechnology Strategies for Postharvest Disease Management in Fruits and Vegetables: A Comprehensive Review. *Foods*, *14*(16), 2782. https://doi.org/10.3390/foods14162782

Leng, J., Yu, L., Dai, Y., Leng, Y., Wang, C., Chen, Z., Wisniewski, M., Wu, X., Liu, J., & Sui, Y. (2023). Recent advances in research on biocontrol of postharvest fungal decay in apples. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *63*(30), 10607–10620. https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2080638

Ling, L., Feng, L., Li, Y., Yue, R., Wang, Y., & Zhou, Y. (2024). Endophytic Fungi Volatile Organic Compounds as Crucial Biocontrol Agents Used for Controlling Fruit and Vegetable Postharvest Diseases. *Journal of Fungi 2024, Vol. 10, Page 332*, *10*(5), 332. https://doi.org/10.3390/JOF10050332

Ling, L., Li, Y., Jiang, K., Wang, Y., Luo, H., Cheng, W., Pang, M., Feng, L., Yue, R., & Zhou, Y. (2023). Volatile organic compounds of Bacillus spp. as an emerging antifungal resource play a significant role in fruit postharvest disease control. *Food Bioscience*, *56*, 103201. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.103201

Liu, S., Liu, T., Chen, Y., Hu, R., Yuan, J., & Jian, W. (2026). Advances in application of biocontrol agents and natural plant products to control post-harvest fungal pathogens of fruits and vegetables. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, *141*, 102987. https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2025.102987

Liu, W., Liu, C., Zeren, D., Wang, S., Tan, Z., Hang, F., Liang, X., Xie, C., & Li, K. (2025). Biocontrol ability and possible mechanism of Metschnikowia pulcherrima against major diseases of postharvest citrus fruit and its biopreservative application. *International Journal of Food Microbiology*, *438*, 111230. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2025.111230

Marappan, K., Sadasivam, S., Natarajan, N., Arumugam, V. A., Lakshmaiah, K., Thangaraj, M., Giridhar Gopal, M., & Asokan, A. (2025). Underutilized fruit crops as a sustainable approach to enhancing nutritional security and promoting economic growth. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, *9*, 1618112. https://doi.org/10.3389/FSUFS.2025.1618112/FULL

Miranda, M., Bai, J., Pilon, L., Torres, R., Casals, C., Solsona, C., & Teixidó, N. (2024). Fundamentals of Edible Coatings and Combination with Biocontrol Agents: A Strategy to Improve Postharvest Fruit Preservation. *Foods 2024, Vol. 13, Page 2980*, *13*(18), 2980. https://doi.org/10.3390/FOODS13182980

Moradinezhad, F., & Ranjbar, A. (2023). Advances in Postharvest Diseases Management of Fruits and Vegetables: A Review. *Horticulturae*, *9*(10), 1099. https://doi.org/10.3390/horticulturae9101099

Negi, S., Management, N. A.-I. J. of S. C., & 2017, undefined. (2017). Post-Harvest Losses and Wastage in Indian Fresh Agro Supply Chain Industry: A Challenge. *Search.Ebscohost.ComS Negi, N AnandIUP Journal of Supply Chain Management, 2017•search.Ebscohost.Com*

Palou, L. (2018). Postharvest Treatments with GRAS Salts to Control Fresh Fruit Decay. *Horticulturae*, *4*(4), 46. https://doi.org/10.3390/horticulturae4040046

Palou, L., Ali, A., Fallik, E., & Romanazzi, G. (2016). GRAS, plant- and animal-derived compounds as alternatives to conventional fungicides for the control of postharvest diseases of fresh horticultural produce. *Postharvest Biology and Technology*, *122*, 41–52. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.04.017

Palou, L., & Pérez-Gago, M. B. (2021). *GRAS Salts as Alternative Low-Toxicity Chemicals for Postharvest Preservation of Fresh Horticultural Products* (pp. 163–179). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-56530-5_11

Palumbo, M., Attolico, G., Capozzi, V., Cozzolino, R., Corvino, A., de Chiara, M. L. V., Pace, B., Pelosi, S., Ricci, I., Romaniello, R., & Cefola, M. (2022). Emerging Postharvest Technologies to Enhance the Shelf-Life of Fruit and Vegetables: An Overview. *Foods*, *11*(23), 3925. https://doi.org/10.3390/foods11233925

Papoutsis, K., Mathioudakis, M. M., Hasperué, J. H., & Ziogas, V. (2019). Non-chemical treatments for preventing the postharvest fungal rotting of citrus caused by Penicillium digitatum (green mold) and Penicillium italicum (blue mold). *Trends in Food Science & Technology*, *86*, 479–491. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.053

Prusky, D., & Romanazzi, G. (2023). Induced Resistance in Fruit and Vegetables: A Host Physiological Response Limiting Postharvest Disease Development. *Annual Review of Phytopathology*, *61*(1), 279–300. https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-021722-035135

Puglisi, J. T., & Amiri, A. (2026). Mycotoxigenic Potential of *Penicillium expansum* Isolates with Multiple Resistance Profiles to Thiabendazole, Pyrimethanil, and Fludioxonil. *Plant Disease*, *110*(3), 957–965. https://doi.org/10.1094/PDIS-04-25-0882-RE

Ramudingana, P., Makhado, N., Kamutando, C. N., Thantsha, M. S., & Mamphogoro, T. P. (2025). Fungal Biocontrol Agents in the Management of Postharvest Losses of Fresh Produce—A Comprehensive Review. *Journal of Fungi*, *11*(1), 82. https://doi.org/10.3390/jof11010082

Raynaldo, F. A., Xu, Y., Yolandani, Wang, Q., Wu, B., & Li, D. (2024). Biological control and other alternatives to chemical fungicides in controlling postharvest disease of fruits caused by *Alternaria alternata* and *Botrytis cinerea*. *Food Innovation and Advances*, *3*(2), 135–143. https://doi.org/10.48130/fia-0024-0014

Rodrigues, P. L., Galvão, J. R., Maia, B. K. da S., Oliveira, C. A. M. M., Zambrano, M. I. C., & Melo, N. F. B. de. (2024). Mechanisms of Biocontrolling Action of Yeasts in Post-Harvest Fruit: A Review. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, *18*(11), e09718. https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n11-080

Romanazzi, G., & Moumni, M. (2022). Chitosan and other edible coatings to extend shelf life, manage postharvest decay, and reduce loss and waste of fresh fruits and vegetables. *Current Opinion in Biotechnology*, *78*, 102834. https://doi.org/10.1016/J.COPBIO.2022.102834

Schirra, M., D'aquino, S., Palma, A., Angioni, A., Cabras, P., & Migheli, Q. (2006). Residues of the Quinone Outside Inhibitor Fungicide Trifloxystrobin after Postharvest Dip Treatments To Control Penicillium spp. on Citrus Fruit. *Journal of Food Protection*, *69*(7), 1646–1652. https://doi.org/10.4315/0362-028X-69.7.1646

Schirra, M., D'Aquino, S., Palma, A., Angioni, A., Cabras, P., & Migheli, Q. (2006). Residues of the quinone outside inhibitor fungicide trifloxystrobin after postharvest dip treatments to control Penicillium spp. on citrus fruit. *Journal of Food Protection*, *69*(7), 1646–1652. https://doi.org/10.4315/0362-028X-69.7.1646

Shafiee-Jood, M., & Cai, X. (2016). Reducing Food Loss and Waste to Enhance Food Security and Environmental Sustainability. *Environmental Science & Technology*, *50*(16), 8432–8443. https://doi.org/10.1021/acs.est.6b01993

Strano, M. C., Altieri, G., Allegra, M., Di Renzo, G. C., Paterna, G., Matera, A., & Genovese, F. (2022). Postharvest Technologies of Fresh Citrus Fruit: Advances and Recent Developments for the Loss Reduction during Handling and Storage. *Horticulturae*, *8*(7), 612. https://doi.org/10.3390/horticulturae8070612

Taha, N. A., Elsharkawy, M. M., Shoughy, A. A., El-Kazzaz, M. K., & Khedr, A. A. (2023). Biological control of postharvest tomato fruit rots using Bacillus spp. and Pseudomonas spp. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, *33*(1), 106. https://doi.org/10.1186/s41938-023-00752-6

Tripathi, P., & Dubey, N. K. (2004). Exploitation of natural products as an alternative strategy to control postharvest fungal rotting of fruit and

vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, *32*(3), 235–245. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2003.11.005

Wang, J., Zhang, D., Meng, R., Hou, Y., Shataer, D., Zheng, L., & Xing, J. (2025). Ultrasonic-assisted coating and UV irradiation as hurdle technology to augment anti-browning and disinfection efficacy on fresh-cut apples. *Ultrasonics Sonochemistry*, *123*, 107666. https://doi.org/10.1016/J.ULTSONCH.2025.107666

Xi, Y., Yang, Q., Godana, E. A., & Zhang, H. (2022). Study on the effect of Debaryomyces hansenii enhanced by alginate oligosaccharide against postharvest blue mold decay of apples and the physiological mechanisms involved. *Biological Control*, *176*, 105081. https://doi.org/10.1016/J.BIOCONTROL.2022.105081

Xu, Z., Wang, M., Du, J., Huang, T., Liu, J., Dong, T., & Chen, Y. (2020). Isolation of Burkholderia sp. HQB-1, A Promising Biocontrol Bacteria to Protect Banana Against Fusarium Wilt Through Phenazine-1-Carboxylic Acid Secretion. *Frontiers in Microbiology*, *11*, 605152. https://doi.org/10.3389/FMICB.2020.605152/TEXT

Yang, X., Zheng, D., Ti, Y., Lian, H., Zhong, J., Wang, D., Shen, C., Wu, D., Xiang, Q., Li, J., Li, X., & Chen, K. (2026). Synergistic hurdle technology for postharvest preservation of Chinese bayberries: Combining indirect plasma processed air and peracetic acid to reduce chemical dosage. *Food Chemistry*, *514*, 149104. https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2026.149104

Zhang, H., Kong, N., Liu, B., Yang, Y., Li, C., Qi, J., Ma, Y., Ji, S., & Liu, Z. (2022). Biocontrol potential of Trichoderma harzianum CGMCC20739 (Tha739) against postharvest bitter rot of apples. *Microbiological Research*, *265*, 127182. https://doi.org/10.1016/J.MICRES.2022.127182

Zhang, H., Mahunu, G. K., Castoria, R., Yang, Q., & Apaliya, M. T. (2018). Recent developments in the enhancement of some postharvest biocontrol agents with unconventional chemicals compounds. *Trends in Food Science & Technology*, *78*, 180–187. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.06.002

Zhao, J., Wang, Y., Xu, K., He, J., & Yi, J. (2025). GRAS salts in postharvest fruit preservation: Disease control, freshness retention, and application mode. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, *211*, 106386. https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2025.106386

Zheng, R., Wang, D., Li, X., Yang, M., Kong, Q., & Ren, X. (2024). Screening of core microorganisms in healthy and diseased peaches and effect evaluation of biocontrol bacteria (Burkholderia sp.). *Food Microbiology*, *120*, 104465. https://doi.org/10.1016/J.FM.2024.104465

Chemical, Biological and Integrated Control of Postharvest Fungal Diseases in Fruits: A Comparative Review

Sarajuldin Saied[1*], Qudratullah Dost[1], Rafiullah Rafi[2]

[1]Department of Plant Protection, Faculty of Plant Sciences, Afghanistan National Agricultural Sciences and Technology University, Kandahar, Afghanistan

[2]Department of Agricultural Engineering, Faculty of Plant Sciences, Afghanistan National Agricultural Sciences and Technology University, Kandahar, Afghanistan

[*]Corresponding Author Email Address: sarajudin56@gmail.com

Abstract

Fruits are not only important sources of nutrition but also constitute a significant component of the global agricultural economy. They are rich in antioxidants, vitamins, and minerals and play an important role in promoting human health and reducing the risk of certain diseases. However, postharvest diseases represent one of the major challenges affecting fruit production, commercialization, and supply chains, causing substantial quantitative and qualitative losses annually. This review examines the major causal agents of postharvest diseases in fruits, their associated losses, and the available management strategies, with particular emphasis on comparing the effectiveness of different control approaches. Fungicides are widely used because of their rapid and effective suppression of postharvest fungal diseases. However, their extensive use has raised concerns regarding fungicide resistance, chemical residues, potential risks to human health, and adverse environmental impacts. Consequently, alternative and more sustainable approaches, including generally recognized as safe salts, essential oils, biological control agents, and integrated management strategies, have received increasing attention and have demonstrated varying levels of effectiveness. Overall, considering disease control efficacy, food safety, human health concerns, and environmental sustainability, integrated management strategies appear to offer the most promising approach for the effective and sustainable management of postharvest diseases in fruits.

Keywords: Biological Agents, Chemical Fungicides, Fruits, Integrated Control, Postharvest Diseases