

Verluste nach der Gemüserntemaschine - Faktoren, die die Lagerfähigkeit beeinflussen

Автор(и): проф. д-р Стойка Машева, ИЗК "Марица" Пловдив; проф. д-р Винелина Янкова, ИЗК "Марица" в
Пловдив

Дата: 02.12.2025 Брой: 12/2025



Zusammenfassung

Nachernteverluste sind die Hauptprobleme für Erzeuger nach der Ernte von Gemüsekulturen. Gründe hierfür sind physiologische Veränderungen, physische Schäden, chemische Verletzungen, Schädlingsbefall und pathologische Fäulnis. Gemüse verliert durch Nachernteinfektionen sein Marktbild. Sie machen das Produkt unverkaufbar oder mindern seinen Wert. Frische Gemüseprodukte können vor oder nach der Ernte durch Krankheiten, die durch Pilz- oder Bakterienpathogene sowie durch einige Schädlinge verursacht werden, infiziert werden.

Verluste, die durch nach der Ernte auftretende Krankheiten und Schädlinge verursacht werden, sind erheblich. Laut einigen Forschern erreichen sie trotz des Einsatzes moderner Lagertechniken und -einrichtungen bis zu 30 % pro Jahr. In Entwicklungsländern, denen moderne Lagereinrichtungen fehlen, ist dieser Prozentsatz deutlich höher. Eine Infektion durch Krankheitserreger und Schädlinge kann während der Vegetation, bei der Ernte, während der Lagerung, des Transports und des Handels oder sogar nach dem Kauf durch den Endverbraucher auftreten. Im Kontext eines zunehmenden Nahrungsmitteldefizits sind Nachernteverluste inakzeptabel. Um in den nächsten 40 bis 50 Jahren 10 Milliarden Menschen weltweit zu ernähren, muss die Effizienz der Lebensmittelproduktion und -verteilung immens verbessert werden.

Die Ursachen für Nachernteverluste bei Obst und Gemüse können parasitär, nicht-parasitär oder physikalisch sein. Parasitäre Ursachen können Mikroorganismen, krankheitserregende Erreger oder Schädlinge sein. Krankheiten können als latente Infektionen vor der Ernte beginnen, während andere bei oder nach der Ernte, während der Lagerung, auftreten.

Es ist entscheidend, Nachernte-Schädlinge zu erkennen und zu diagnostizieren sowie sichere Lagerungspraktiken zu formulieren. Gemüseprodukte werden nach der Ernte und kurzfristiger Lagerung durch Pathogene geschädigt, wodurch sie für den Verzehr und Verkauf ungeeignet werden. Dies liegt hauptsächlich an der Produktion von Mykotoxinen und anderen potenziellen Risiken für die menschliche Gesundheit. Einige Pilz- (*Alternaria*, *Aschochyta*, *Colletotrichum*, *Didymella*, *Phoma*, *Phytophthora*, *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Sclerotinia*, *Sclerotium*) und Bakterienpathogene (*Erwinia* spp., *Pseudomonas* spp., *Ralstonia solanacearum*, *Xanthomonas euvesicatoria*) wurden als Nachernte-Pathogene von Gemüsekulturen registriert.



Die Häufigkeit von Fruchtfäule durch Nachernte-Tomatenpathogene kann erreichen: von *Alternaria solani* bis zu 30 %, von *Phytophthora infestans* 15 %, von *Sclerotium rolfsii* 30 %, von *X. euvesicatoria* 5 %. Bei Kürbisgewächsen sind die häufigsten Nachernte-Pathogene *Didymella* und *Colletotrichum*.

Bei Hülsenfruchterzeugnissen sind die häufigsten Nachernte-Pathogene *Ascochyta pisi*, *Colletotrichum lindemuthianum*, *Sclerotinia sclerotiorum* und *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*.



Bei Blumenkohl werden häufig Weiß- und Graufäule durch *Xanthomonas* (10 %) und Weichfäule durch *Pectinovora* (*Erwinia*) (19 %) beobachtet. Diese werden als aufkommende Nachernte-Pathogene von Blumenkohl registriert.

Nach der Ernte haben Gemüse eine begrenzte Nacherntelebensdauer; sie erhalten kein Wasser oder Nährstoffe mehr von der Pflanze. Die natürliche Alterung der Produkte führt zur Gewebeaufweichung und oft verlieren sie bereits gebildete antimikrobielle Substanzen. Diese Veränderungen in der Gemüsequalität machen sie für Verbraucher weniger begehrenswert.

Vorerntefaktoren, die die Nacherntepathologie beeinflussen, sind:

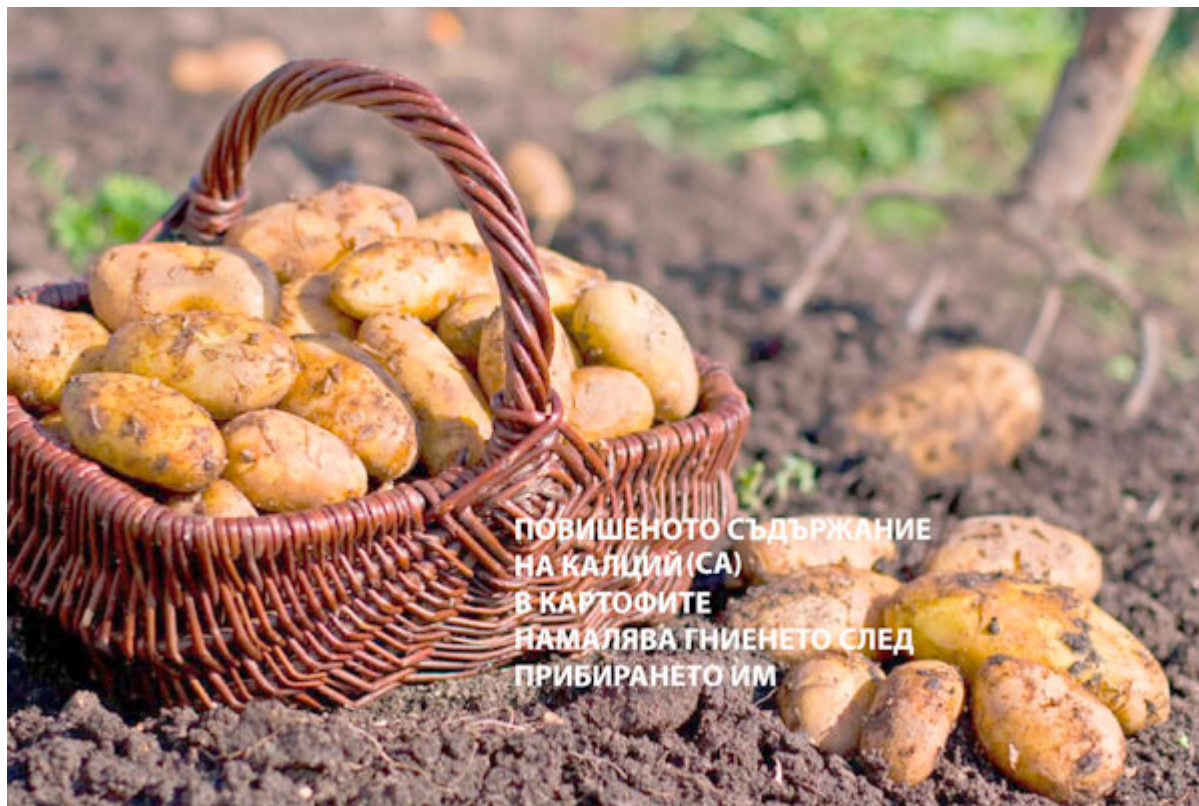
- Anfälligkeit der angebauten Sorten für Pathogene und Schädlinge. Einige Sorten sind anfälliger für Fäulnis und Schädlingsbefall als andere;
- Der Zustand der Ernte, der von Düngung, Bewässerung und angewandten Pflanzenschutzmaßnahmen abhängt;
- Der Reifegrad von Obst und Gemüse bei der Ernte;
- Verarbeitungs- und Lagermethode der Erzeugnisse.

Weitere Faktoren, die die Lagerpathologie beeinflussen, sind:

Wetter: Das Wetter beeinflusst die Menge an Inokulum und Schädlingen, die erfolgreich überwintern, sowie die Menge an Pestizidrückständen, die bei der Ernte in den Früchten verbleiben. Eine Fülle von Inokulum und Schädlingen, zusammen mit günstigen Bedingungen für Infektion und Entwicklung während der Saison, führt oft zu ernsthaften Schäden bei geernteten Produkten.

Nachernte-Schäden umfassen die weitere Entwicklung von Infektionen, die vor der Ernte begonnen haben, sowie neue Schäden durch Schädlinge, die auf der Oberfläche der Produkte gefunden werden.

Physiologischer Zustand: Der Zustand des Produkts bei der Ernte bestimmt, wie lange es sicher gelagert werden kann. Der Beginn der Reifung und Seneszenz bei verschiedenen Gemüsesorten macht sie anfälliger für Pathogeninfektionen. Auch eine ausgewogene Ernährung während der Vegetation ist von großer Bedeutung.



Es ist bekannt, dass Kalzium enger mit der Krankheitsresistenz verbunden ist als jedes andere zellwandgebundene Kation. Eine Vorerntebehandlung mit einer CaCl_2 -Lösung reduziert die Fäulnis erheblich. Es wurde festgestellt, dass ein erhöhter Kalziumgehalt in Kartoffeln und Pfirsichen auch die Nacherntefäulnis reduziert. Produkte mit ausreichend Kalzium können länger gelagert werden, bevor sie faulen. Ein hoher Stickstoffgehalt in Früchten prädisponiert sie zur Fäulnis. Die globale Züchtung arbeitet derzeit intensiv daran, Sorten zu entwickeln, die gegen Nachernte-Pathogene resistent sind.

Fungizidbehandlung: Einige Sprühbehandlungen vor der Ernte reduzieren die Lagerfäule. Zum Beispiel reduziert die Behandlung mit bestimmten Fungiziden die Fäulnis um 25 bis 50 % mit einer einzigen Sprühbehandlung. Einige neu zugelassene Fungizide bieten gute Aussichten für den Schutz der Produkte nach der Ernte. Zum Beispiel verhindert Cyprodinil Grauschimmelbefall bei Äpfeln für bis zu 3 Monate nach der Behandlung. Die neue Gruppe der Strobilurine bietet eine Nacherntebekämpfung einiger Krankheiten nach der Ernte von Obst und Gemüse.

Nacherntefaktoren, die die Erntefäule beeinflussen:

Hygiene während der Verpackung: Es ist wichtig, hygienische Bedingungen in allen Bereichen aufrechtzuerhalten, in denen Produkte verpackt werden. Das Vorhandensein organischer Rückstände ist eine geeignete Voraussetzung für die Entwicklung fäulniserregender Pathogene.

Chlor tötet Mikroorganismen schnell ab, wenn die Menge ausreicht. Ein Gehalt von 50 bis 100 ppm aktivem Chlor bietet eine ausgezeichnete fungizide Wirkung. Peressigsäure ist eine weitere Substanz, die verwendet werden kann. Die Suche nach wirksamen und wirtschaftlichen Desinfektionsmitteln geht weiter. Neue und alte Produkte werden weiterhin entsprechend den aktuellen Verpackungsabläufen bewertet. Das Interesse an Ozon belebt sich mit der Entwicklung effizienterer Generatoren wieder.

Die Nacherntebehandlung wird bestimmt durch:

- Art des Fäulnis verursachenden Pathogens;
- Standort des Pathogens im Produkt;
- Geeignetster Zeitpunkt für die Behandlung;
- Wirtsreife.

Auch die Umgebung während Lagerung, Transport und Vermarktung der Erzeugnisse hat einen Einfluss. Spezifische Substanzen werden basierend auf den genannten Bedingungen ausgewählt.

Nachernte-Pestizidbehandlung: Eine begrenzte Anzahl von Pestiziden wird derzeit für die Nacherntebehandlung und -kontrolle einer Vielzahl von fäulniserregenden Mikroorganismen sowie Schädlingen eingesetzt. Viele Produkte, die für die Nacherntebehandlung verwendet wurden, sind aufgrund von

Rückständen und möglichen toxischen Wirkungen verboten. Andere werden aufgrund der Entwicklung von Resistenzen nicht verwendet. Dieser Prozess stellt weiterhin ein erhebliches Problem dar.

Die wichtigsten derzeit verwendeten Pflanzenschutzmittel sind Thiabendazol und Imazalil. Allerdings ist die Resistenz gegen Thiabendazol und Imazalil weit verbreitet.

Konservierungsmittel oder antimikrobielle Lebensmittelzusatzstoffe können auch die Fäulnis bei gelagerten Produkten kontrollieren. Dazu gehören Natriumbenzoat, Parabene, Sorbinsäure, Propionsäure, SO₂, Essigsäure, Nitrite und Nitrate sowie Antibiotika. Die Nachfrage nach neuen Nachernte-Pestiziden ist hoch, insbesondere nach der Einstellung vieler Wirkstoffe. 1998 wurde eine Notfallzulassung von Fludioxonil genehmigt, um potenzielle Verluste von Nektarinen, Pfirsichen und Pflaumen zu begrenzen, die entstehen würden.

Biologische Bekämpfung von Nachernte-Pathogenen:

Dies ist ein relativ neuer Ansatz und bietet mehrere Vorteile im Vergleich zur konventionellen biologischen Bekämpfung:

- Präzise Umgebungsbedingungen können geschaffen und aufrechterhalten werden.
- Der Biokontrollagens kann wesentlich effektiver gezielt eingesetzt werden.
- Kostspielige Bekämpfungsverfahren sind für geerntete Lebensmittel kosteneffizient.

Der erste für den Nachernteeinsatz entwickelte biologische Kontrollagent ist ein Stamm von *Bacillus subtilis*. Er bekämpft Braunfäule bei Pfirsichen. Ein Stamm von *Pseudomonas syringae* wurde gefunden, um Blau- und Grauschimmel an Apfelfrüchten zu kontrollieren. Stämme von *Bacillus pumilus* und *Pseudomonas fluorescens* zeigen eine erfolgreiche Bekämpfung von *B. cinerea* an Erdbeeren.

Die biologische Bekämpfung ist wirksam, liefert aber nicht immer konsistente Ergebnisse. Es wird akzeptiert, dass biologische Mittel für eine bessere Wirksamkeit mit anderen Strategien und Mitteln kombiniert werden sollten.

Fäulnisbekämpfung durch Bestrahlung: Ultraviolettes Licht hat eine tödliche Wirkung auf Bakterien und Pilze, aber es gibt keine Beweise dafür, dass es die Fäulnis bei verpacktem Obst und Gemüse reduziert. Es wurde experimentell festgestellt, dass eine niedrige Dosis ultravioletten Lichts die Braunfäule bei Pfirsichen reduziert.

Es hat eine doppelte Wirkung auf den Krankheitserreger – es reduziert das Inokulum und induziert Resistenz im Wirt.

Gammastrahlung wurde zur Fäulnisbekämpfung, Desinfektion und Verlängerung der Lager- und Haltbarkeit von frischem Obst und Gemüse untersucht. Dosen von 1,5 bis 2 kGy kontrollieren die Fäulnis in einigen Produkten wirksam. Geringe Dosen von 150 Gy für Fruchtfliegen und 250 Gy für Apfelwickler sind akzeptable Quarantäneverfahren. Die Anwendung von Gammastrahlung ist aufgrund der Kosten für die zur Behandlung erforderliche Ausrüstung und des Mangels an Informationen über die Auswirkungen bestrahlter Lebensmittel auf den Verbraucher begrenzt. Sie erscheint als mögliche Alternative nach dem weltweiten Verzicht auf Methylbromid.

Einfluss der Lagerumgebung auf die Nacherntefäulnis: Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit und die atmosphärische Zusammensetzung während der Vorlagerung, Lagerung und des Transports sind von großer Bedeutung für die Fäulnisbekämpfung. Um eine optimale Kontrolle zu erreichen, werden oft zwei oder mehr Faktoren gleichzeitig geändert:

Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit: Eine ordnungsgemäße Temperaturregelung ist für die Nachernte-Krankheitsbekämpfung so entscheidend, dass alle anderen Behandlungen als Ergänzungen zur Kühlung betrachtet werden können. Niedrige Temperaturen sind wünschenswert, da sie das Wachstum erheblich verlangsamen und somit die Fäulnis reduzieren. Hohe Temperaturen können zur Nachernte-Bekämpfung von Kulturen eingesetzt werden, die durch niedrige Temperaturen geschädigt werden. Die Wärmebehandlung beseitigt die anfängliche Infektion und verbessert die Fungizidabdeckung. Das Haupthindernis für die weite Verbreitung dieser Methode ist die Empfindlichkeit vieler Früchte gegenüber den für eine wirksame Behandlung erforderlichen Temperaturen.

Sowohl niedrige als auch hohe relative Luftfeuchtigkeit (RH) sind mit der Nachernte-Fäulnisbekämpfung verbunden. Perforierte Polyethylenbeutel zur Lagerung von Obst und Gemüse erzeugen eine RH von 5 bis 10 % über der in Lagerräumen, und die Fäulnis kann zunehmen.

Modifikation oder Kontrolle der Atmosphäre: Änderungen der O₂- und CO₂-Konzentrationen um Obst und Gemüse können die Entwicklung von Nachernte-Pathogenen erfolgreich kontrollieren.

CO₂, das der Luft zugesetzt wird, wird häufig beim Transport von 'Bing'-Kirschen verwendet, hauptsächlich zur Unterdrückung von Grau- und Braunfäule.

Die geschaffene künstliche Atmosphäre wird als kontrollierte Atmosphäre bezeichnet; der Begriff modifizierte Atmosphäre wird verwendet, wenn während der Lagerung oder des Transports nur geringe Möglichkeiten zur Anpassung der Gaszusammensetzung bestehen. CO₂, das der Luft zugesetzt wird, wird häufig beim Transport von 'Bing'-Kirschen verwendet, hauptsächlich zur Unterdrückung von Grau- und Braunfäule.

Nachernte-Gemüsekrankheiten: Nachernte-Gemüsekrankheiten werden durch mikroskopische Pilze und Bakterien verursacht. Bakterien sind als Pathogene auf Gemüse weiter verbreitet als auf Obst, da Gemüse weniger sauer ist als Obst. Sie sind unter einem Lichtmikroskop hauptsächlich als einzellige Stäbchen sichtbar. Bakterien sind unter geeigneten Bedingungen von pH-Wert, Temperatur und Nährstoffen zu einer sehr schnellen Vermehrung fähig.

Neue Richtungen in der Nachernte-Phytopathologie: In den letzten Jahren hat sich der Fokus der Nachernte-Phytopathologie verschoben. Lebensmittelsicherheit ist ein Schlüsselement in Fäulnisbekämpfungsprogrammen. Das anhaltende Versäumnis, einige Nachernte-Krankheiten effektiv zu bekämpfen, sowie der Bedarf an umweltfreundlicheren Bekämpfungsmitteln treiben einen neuen Ansatz im Krankheitsmanagement voran. Die integrierte Nachernte-Fäulnisbekämpfung ist das vielversprechendste Konzept für die Zukunft. Die Gesellschaft kann sich nicht länger auf ein oder zwei Bekämpfungsstrategien verlassen, sondern es muss ein ganzes Spektrum von Strategien bereitgestellt werden, um Nachernteverluste zu reduzieren.

Nachernte-Gemüseschädlinge: Schädlingsbefall während der Lagerung kann sowohl auf dem Feld als auch in nicht ordnungsgemäß gereinigten Lagereinrichtungen auftreten. Manchmal sind Schäden sichtbar, während sie in anderen Fällen erst in einem späteren Stadium entdeckt werden, wenn der Schädling sein Ausdrucksspektrum möglicherweise erweitert hat. An Stellen von Schädlingsbefall können sich oft sekundäre Fäulnisprozesse entwickeln.

Lebensmittelsicherheit: Zwei der wichtigsten Ursachen für unsichere Lebensmittel sind: mikrobielle Toxine und die Kontamination von Gartenbauprodukten durch fäkale Kolibakterien. Mikrobielle Toxine werden in bakterielle Toxine und Mykotoxine unterteilt. Beispiele für extrem toxische mikrobielle Toxine sind Botulinumtoxine, die vom anaeroben Bakterium *Clostridium botulinum* produziert werden, sowie Aflatoxine. Aflatoxine wurden als potente Karzinogene identifiziert, die in Nüssen und einigen Getreidesorten produziert werden.

Das Toxin Patulin wird von *Penicillium* und *Aspergillus* spp. produziert, die in Apfel- und Birnenprodukten vorkommen können.

Es wurden auch andere Toxine identifiziert, die von denselben Pilzen produziert werden, die Nacherntefäulnis verursachen. Zum Beispiel wird Patulin von *Penicillium* und *Aspergillus* spp. produziert, die in Apfel- und Birnenprodukten vorkommen können. Patulin ist für viele biologische Systeme toxisch, aber seine Rolle bei der Verursachung von Krankheiten bei Menschen und Tieren ist unklar. Studien zur Kontamination von Gartenbauprodukten durch fäkale Kolibakterien haben aufgrund dokumentierter Fälle von Lebensmittelvergiftungen durch Apfelsaft drastisch zugenommen. Eine Interaktion zwischen Pflanzenpathogenen und lebensmittelbedingten menschlichen Pathogenen wie *Salmonella* und *Listeria* wurde nachgewiesen. Eine Studie mit über 400 Proben von gesunden und weichfaulen Produkten, die von Einzelhandelsmärkten gesammelt wurden, zeigt, dass das Vorhandensein von Salmonellen in Produkten, die von bakterieller Weichfäule betroffen sind, doppelt so hoch ist wie in gesunden Proben.

Die Kontamination von Produkten mit menschlichen Krankheitserregern ist ein wichtiges Problem, das angegangen werden muss, ebenso wie die Begrenzung der durch Nachernte-Pathogene verursachten Fäulnis und die Aufrechterhaltung der Produktqualität.

Integrierte Bekämpfung von Nachernte-Krankheiten und -Schädlingen: Eine wirksame und konsistente Bekämpfung von Krankheiten und Schädlingen während der Lagerung von Gemüseprodukten hängt von der Integration der folgenden Praktiken ab:

- Auswahl krankheits- und schädlingsresistenter Sorten, wo möglich;
- Ausgewogene Pflanzenernährung während der Vegetation. Bewässerungskontrolle basierend auf den Anforderungen der Kultur und Vermeidung von Überkopfbewässerung;
- Vorerntebehandlung zur Schädlings- und Krankheitsbekämpfung;
- Ernte zum präzisen Reifezeitpunkt für die Lagerung;
- Verwendung sauberer Verpackungen für die Ernteprodukte;
- Reinigung und Sortierung von für die Lagerung bestimmten Gemüsesorten;
- Nacherntebehandlungen;
- Aufrechterhaltung guter Hygiene in Verpackungsbereichen und Schutz des Abwassers vor Kontamination;

- Lagerung in gereinigten und desinfizierten Lagereinrichtungen mit guter Temperatur- und Feuchtigkeitskontrolle, mit Insektenschutzgittern an Lüftungsanlagen, Türen und Fenstern;

- Lagerbedingungen sollten am wenigsten förderlich für das Wachstum von Pathogenen oder die Entwicklung von Schädlingen sein.

Es ist bekannt, dass Alternativen zur chemischen Bekämpfung oft weniger wirksam sind als viele Pestizide. Es ist unwahrscheinlich, dass eine einzelne alternative Methode allein das gleiche Maß an Kontrolle wie chemische Produkte bieten wird. Daher ist es notwendig, mehrere alternative Methoden zu kombinieren, um eine integrierte Strategie zur erfolgreichen Reduzierung von Nachernte-Pathogenen und -Schädlingen zu entwickeln.

Die Begrenzung von Produktschäden während der Lagerung von Gemüsekulturen umfasst Methoden und Mittel zur Bekämpfung von Krankheiten und Schädlingen vom Feld über die Vorbereitung zur Lagerung bis hin zur Pflege der Produkte in Lagern. Durch die Anwendung eines umfassenden Ansatzes kann das Schadensrisiko minimiert werden.

Referenzen

1. Coates L. M., G. I. Johnson, M. Dale, 1997. Nacherntepathologie von Obst und Gemüse. Pflanzenpathogene und Pflanzenkrankheiten. Rockvale Publications Editors, Armidale, Australien, 533–547.
2. Kumar V., H. Sharma, M. Sood, D. Kumar, 2024. Innovative Technologien für das Nachernte-Management von Schädlingen und Krankheiten bei Obst und Gemüse, Springer Nature, 63-81.
3. Sharma R. R., D. Singh, R. Singh, 2009. Biologische Bekämpfung von Nacherntekrankheiten bei Obst und Gemüse durch mikrobielle Antagonisten: Ein Überblick. Biological Control, 50(3), 205–221.
4. Tripathi A. N., S. K. Tiwari, T. K. Behera, 2022. Nacherntekrankheiten von Gemüsekulturen und deren Management, in Nachernte-Technologie - Aktuelle Fortschritte, neue Perspektiven und Anwendungen, Kap