



Report

## Neuigkeiten aus der Lagerungstagung 2023 am Versuchszentrum Laimburg

Fruit storage novelties: the conference 2023 at the Laimburg Research Centre

Novità dalla frigoconservazione frutticola: il convegno 2023 al Centro di Sperimentazione Laimburg

---

Angelo Zanella<sup>1</sup>, Klemen Bohinc<sup>2</sup>, Alessandro Bonora<sup>3</sup>, Oswald Rossi<sup>1</sup>, Stefan Stürz<sup>1</sup>, Rajko Vidrih<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laimburg Research Centre, 39040 Auer/Ora, Italy

<sup>2</sup>University of Ljubljana, 1000 Ljubljana, Slovenia

<sup>3</sup>University of Bologna, 40121 Bologna, Italy

---

### CORRESPONDING AUTHOR

Angelo Zanella Laimburg 6 - Pfatten/Vadena, 39040 Auer/Ora, BZ, Italy, [angelo.zanella@laimburg.it](mailto:angelo.zanella@laimburg.it), +39047196969

### CITE ARTICLE AS

Zanella Angelo, Bohinc Klemen, Bonora Alessandro et.al. (2024). Fruit storage novelties: the conference 2023 at the Laimburg Research Centre. Laimburg Journal 06/2024.015 [DOI:10.23796/LJ/2024.015](https://doi.org/10.23796/LJ/2024.015).

### KEYWORDS

Apple, *Malus x domestica*, pear, *Pyrus x communis*, storage, postharvest biology, postharvest technology, postharvest quality, postharvest disorder, superficial scald, epiphytic complex disease, sooty mold, cuticle adhesion, LED irradiation



Dieses Werk ist lizenziert unter einer [Creative Commons Namensnennung-Nicht kommerziell 4.0 International Lizenz](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

Quest'opera è distribuita con [Licenza Creative Commons Attribuzione -Non commerciale 4.0 Internazionale](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

Für alle Abbildungen und Tabellen ohne Nennung des Urhebers gilt: © Versuchszentrum Laimburg.

Per tutte le immagini e tabelle senza menzione dell'artefice vale: © Centro di sperimentazione Laimburg.

For all figures and tables without mention of the originator applies: © Laimburg Research Centre.



Abb. 1: Am Freitag, den 04. August 2023, wurden aktuelle Forschungsergebnisse im Bereich der Nachernte und Lagerung vorgestellt. // On Friday, August 04, 2023, current research results in the field of post-harvest and storage were presented.

## EINLEITUNG

Am Freitag, den 4. August 2023, wurden aktuelle Forschungsergebnisse im Bereich der Nachernte und Lagerung vorgestellt (Abb. 1). Die Vorträge reichten von den Möglichkeiten und Grenzen der Vorbeugung des an Bedeutung zunehmenden Schadbildes ‚Rußtau‘ im Lager sowie neuester Forschung um dessen Entstehung, über Erkenntnisse bezüglich der Vor-Ernte-Faktoren, welche während der Lagerung Schalenverbräunungen hervorbringen, und Möglichkeiten diese vorherzusagen, bis zu aktuellen Erfahrungen bezüglich idealer Lagerbedingungen für die neuesten Apfelsorten.

## DIE LAGER-SCHALENBRÄUNE BEGINNT IM OBSTGARTEN: DER FALL DER ABATE FÉTEL-BIRNEN

Die gewöhnliche Schalenbräune ist eine der Hauptursachen für Produkt-

verluste bei Winterbirnen während der Lagerung (Abb. 2). Bis vor wenigen Jahren war es möglich, Birnen nach der Ernte mit Ethoxyquin zu behandeln, um dieses Problem zu verhindern. Das Verbot seiner Verwendung durch die EU hat bei italienischen Birnenproduzenten, insbesondere Produzenten von *Abate Fétel*-Birnen, erhebliche Sorgen ausgelöst. Heutzutage liefern Nacherntebehandlungen mit 1-MCP keine vollständig zufriedenstellenden Ergebnisse: Das Hauptproblem ist die langsame und ungleichmäßige Reifung nach der Lagerung. *Abate Fétel*-Birnen sind zudem empfindlich gegenüber niedrigen Sauerstoffkonzentrationen, die zu weicher Schalenbräune (Tiefenschalenbräune) führen können. Darüber hinaus können sich physiologische Entwicklung und anschließende Reifung je nach Ertragsbelastung sowie agronomischen, klimatischen oder Obstgarten-Management-Faktoren drastisch ändern. Es ist

daher schwierig, solide multifaktorielle Richtlinien für das Nach-Ernte-Management dieser Sorte umzusetzen.

## UNTERSUCHUNG DER VOR-ERNT-FAKTOREN

Dr. Alessandro Bonora von der Gruppe für Ökophysiologie von Baumkulturen, rund um Prof. Correlli Grappadelli, an der Universität Bologna untersuchte daher bei einigen Produzenten die Auswirkungen von Vor-Ernte-Faktoren, die zu einer starken Anfälligkeit für gewöhnliche Schalenbräune während der Lagerung führen. Nicht-parametrische „Ampel“-Analysen wurden verwendet, um die besten Praktiken oder messbare Variabilität von Klima- und Bodenbedingungen zu beschreiben und zu identifizieren, die bei Produktion, Lagerung und Vermarktung von *Abate Fétel*-Birnen helfen („grüne Ampel“) oder Probleme verursachen können („rote Ampel“).



Abb. 2: Gewöhnliche Schalenbräune auf der Birne Abate Fétel // *Common scald on pear cv. Abate Fétel.*

Zu diesem Zweck wurden dreißig Obstgärten in der Region Emilia-Romagna in drei aufeinanderfolgenden Saisonen (2018, 2019 und 2020) identifiziert. Für jede Saison wurde eine detaillierte Charakterisierung der Obstgärten durch Interviews und Informationen aus den Feldbüchern durchgeführt. Bei der

Ernte wurden Proben von verschiedenen Produzenten unter regulärer Atmosphäre ( $-0,5\text{ °C}$ , relative Luftfeuchtigkeit  $>90\%$ ) gelagert. Nach 3 (T1) und 5 Monaten (T2) in einem Kühlraum sowie 7 Tagen bei Raumtemperatur ( $20\text{ °C}$ ) und  $60\%$  relativer Luftfeuchtigkeit wurden in jedem Betrieb die Häufigkeit und der

Schalenbräune-Index an den Früchten bewertet.

### ERGEBNISSE UND BEDEUTUNG DER FORSCHUNG FÜR DIE PRAKTIK

Die Daten bestätigten eine hohe Heterogenität zwischen den Produzenten nach der Lagerung hinsichtlich der Entwicklung von Schalenbräune in den verschiedenen Jahrgängen. Dies widerspricht dem kolportierten Verhalten von *Abate Fétel*-Birnen, welche in regulärem Kühlager nach 4 Monaten alle anfällig für Schalenbräune wären und ihre Reifungsfähigkeit verlieren würden. Einige Vor-Ernte-Faktoren haben sich zwischen den drei Jahrgängen erheblich verändert, wie z.B. der Ertrag und die Wetterbedingungen. Über mehrere Saisonen hinweg haben sich jedoch dieselben physiologischen Störungen in denselben Obstgärten gezeigt oder nicht, und daher könnte ihr Vorhandensein in einigen Fällen vorhergesagt werden.

Was die Variablen betrifft, die in den drei Jahren berücksichtigt wurden, haben Umweltbedingungen, die außerhalb der Kontrolle des Produzenten liegen, einen Einfluss, aber auch der Ertrag, das Bewässerungsregime, die Düngung, Wachstumsregulatoren, Unterlagen und das Anbausystem, auf die die Landwirte Einfluss haben, können die Lagerung von Birnen beeinflussen. Unser Ansatz, der fortgeschrittene statistische Modelle verwendet, hat verschiedene Faktoren zusammengefasst, unter Berücksichtigung ihrer biologischen Beziehungen. Gewöhnliche Schalenbräune scheint durch physiologischen Pflanzenstress aufgrund einer falschen Bewirtschaftung der Ertragslast, eines Ungleichgewichts zwischen Fruchtproduktion und vegetativem Wachstum, einer kurzen Saison und folglich wenig Antioxidantien sowie einer nicht optimalen Bodenbewirtschaftung induziert zu werden.

Eine breitere Anwendung solcher Modelle zur Beschreibung komplexer Merkmale, die sich auf das Obst auswirken, wird voraussichtlich da-



Abb. 3: Die gewöhnliche Schalenbräune am Apfel ist ein ernstzunehmender Lagerschaden. // *Common scald on apples is a serious storage damage.*

zu führen, die Lagerung von *Abate Fétel*-Birnen vorherzusagen und zu verbessern. Dieser Ansatz könnte auch auf andere Arten wie Apfel und Kiwi ausgeweitet oder mit anderen Technologien und Behandlungen zur Obstlagerung kombiniert werden.

Die Haupte Erkenntnis ist jedoch, dass Chargen aus verschiedenen Obstgärten basierend auf ihrem Konservierungspotenzial ausgewählt werden sollten, bevor Lagerungstechniken wie kontrollierte Atmosphären oder 1-MCP angewendet werden.

Dieses Projekt zeigt Wege auf, mit extremen Variabilitäten zwischen den Produzenten und den Jahrgängen hinsichtlich der Entwicklung von gewöhnlicher Schalenbräune bei *Abate Fétel*-Birnen umzugehen, der am meisten angebauten IGP-Sorte. Wir danken den folgenden Genossenschaften für ihre finanzielle Unterstützung und den Zugang zu ihren Einrichtungen: Apoconerpo, Apofruit, GranfruttaZani, Orogel-Fresco, Rinova. Zusätzliche Unter-

stützung wurde durch das ländliche Entwicklungsprogramm der Region Emilia-Romagna, Projekt Nr. 5111526 - S4Post.Frut, bereitgestellt.

### **DIE NICHT-DESTRUKTIVE VORHERSAGE DER GEWÖHNLICHEN SCHALENBRÄUNE AM APFEL: VISION ODER WIRKLICHKEIT?**

Die gewöhnliche Schalenbräune am Apfel stellt für den Südtiroler Obstsektor auch noch im Jahre 2023 einen ernstzunehmenden Lagerschaden dar, es ist nämlich mehr als ein Viertel der Südtiroler Apfelernte anfällig (Abb. 3). Dank intensiver Forschungstätigkeit auf diesem Gebiet ist es gelungen, zahlreiche Etappensiege zu verbuchen und somit einen wertvollen Beitrag zur Ursachenklärung für das Auftreten des Schadens zu leisten. Federführend beteiligt war und ist hierbei das Versuchszentrum Laimburg. Die vollkommene Aufklärung dieses Schadens ist leider aber bis dato noch nicht gelungen, trotz eng-

ster Zusammenarbeit verschiedener Forschungsinstitute.

### **EUREGIO PROJEKT SCALD-COLD: KOOPERATION UND ZIELE**

Zur bestmöglichen Untersuchung der gewöhnlichen Schalenbräune wurde unter anderem auch das Euregio Projekt Scald-Cold ins Leben gerufen, es handelt sich hierbei um eine Kooperation zwischen drei Partnern aus der Euregio-Region, nämlich die Fondazione Edmund Mach (Trentino), das Versuchszentrum Laimburg (Südtirol) und die Universität Innsbruck (Tirol). Ein Schwerpunkt der Projektarbeiten wurde auf die zerstörungsfreien Technologien gelegt, sprich: es wurde versucht abzuklären, ob jene geeignet sind, um der Schalenbräune auf den Grund zu gehen, und abzuwägen, inwiefern jene als Vorhersage-Tool genutzt werden könnten. In der Arbeitsgruppe Lagerung und Nacherntebiologie am Versuchszentrum Laimburg wurden zur Testung dieser innovati-



Abb. 4: Rußtau gehört zu den epiphytischen Krankheitskomplexen (EKK). // *Sooty mold belongs to the epiphytic disease complex (EDC).*

ven und nicht-destruktiven Technologien Versuche angesetzt, auf deren Ergebnisse in der Präsentation von Stefan Stürz eingegangen wurde.

#### EINSATZ DER NAHINFRAROTSPEKTROSKOPIE (NIRS)

Genauer unter die Lupe genommen wurde die Nahinfrarotspektroskopie (NIRS), findet jene nämlich bereits im Obstsektor vielseitige Anwendung. Ambitioniertes Ziel des Forscherteams war es, mittels NIRS die Entwicklung der gewöhnlichen Schalenbräune zu einem möglichst frühen Zeitpunkt während der Lagerung vorherzusagen. Die Untersuchungen wurden an der Apfelsorte *Granny Smith* durchgeführt, jene ist aufgrund der hohen Anfälligkeit hinsichtlich der Entwicklung von Schalenbräune, vor allem während der Kühlung in regulärer Atmosphäre, für diese Versuchszwecke geeignet. Nach der Ernte wurden die Früchte drei verschiedenen „Nachernte-Bedingungen“ ausgesetzt:

- RA, Kühlung um 2 Wochen verzögert (vor der Kühlung, Früchte für 2 Wochen bei 20 °C);
- RA, Kühlung um 4 Wochen verzögert (vor der Kühlung, Früchte für 4 Wochen bei 20 °C).

Während der gesamten Lagerdauer wurden periodisch NIRS-Messungen immer an denselben Früchten zu 7 verschiedenen Zeitpunkten (Ernte, 15, 30, 60, 90, 120 und 150 Tage Lagerung) vorgenommen. Zur Auslagerung, nach 150 Tagen, wurde das Schalenbräune-Aufkommen genau an denselben Früchten, von welchen während der Lagerung die NIR-Spektren aufgezeichnet wurden, visuell bewertet. Die visuelle Auswertung wurde auch nach einer Shelf-Life-Dauer von sowohl 7 als auch 14 Tagen bei 20 °C und 65% relativer Luftfeuchtigkeit durchgeführt. Zur Auswertung des Schweregrades der Schalenbräune wurde ein Index herangezogen, welcher 5 verschiedene „Klassen“ vorsieht, basierend auf der Fruchtoberfläche mit Symptomen: 0%; <25%; 25-50%; 50-75%; >75%. Zusätzlich wurde im Rahmen dieser Untersuchungen auch versucht, mögliche verursachende Moleküle der gewöhnlichen Schalenbräune, im Spezifischen  $\alpha$ -

Farnesen und die Konjugierten Triene (CTols, CT258, CT269, CT281), vorherzusagen.

Die durchgeführten Untersuchungen deuten auf ein gewisses Potenzial von Nahinfrarotspektroskopie zur zerstörungsfreien Vorhersage der gewöhnlichen Schalenbräune hin. Bis hin zur praxistauglichen Anwendung sind aber sicherlich noch viele Verbesserungsmaßnahmen notwendig. Die Versuchsergebnisse haben gezeigt, dass die direkte Vorhersage der Schalenbräune-Entwicklung mit NIRS zu eher bescheidenen Ergebnissen geführt hat. Es wurden Korrelationswerte von um die  $\geq 0,5$  erreicht. Besser hingegen sieht es bei der zerstörungsfreien Vorhersage von  $\alpha$ -Farnesen und den CTols aus, wo Korrelationswerte von  $\geq 0,8$  erreicht wurden. Jedoch ist hierbei zu beachten, dass diese Moleküle eventuell nicht im frühen Stadium der Schalenbräune-Entwicklung vorhanden sind. Außerdem kann es laut neuesten Erkenntnissen auch sein, dass eventuell  $\alpha$ -Farnesen und die Konjugierten Triene nicht die Schlüsselrolle bei der Entwicklung der Schalenbräune einnehmen. Federführend bei der Widerlegung der historisch etablierten  $\alpha$ -Farnesen-Theorie ist die Forscher-

- Reguläre Atmosphäre (RA), wobei die Früchte sofort auf 1,3 °C abgekühlt wurden;



Abb. 5: Bestrahlung mit blauem LED Licht // Irradiation with blue LED light.

gruppe um Fabrizio Costa und Nicola Busatto, mit welcher das Versuchszentrum Laimburg zusammengearbeitet hat. Es wird hierbei die These gestützt, dass durch den Abkühlungsprozess der Früchte zu Beginn der Lagerung Zellmembranen zerstört werden und somit Phenole oxidiert werden, was dann in der Folge zur Schalenbräune führt.

#### AUSBLICK

Stefan Stürz gab am Ende seines Vortrags einen Ausblick in die weiteren Tätigkeiten. Zurzeit werden im Rahmen des Euregio Projekts Scald-Cold, verschiedene kostengünstige NIR-Spektrometer getestet. Des Weiteren wird an neue Methoden zur exakten Bestimmung des Schalenbräune-Aufkommens gedacht, es ist dies zum Einen das „Computer Imaging“ und zum anderen die Hyperspektrale Bildgebung (Vis/NIR). Die Hoffnung besteht dar-

in, durch diese Technologien die Subjektivität des Menschen bei der visuellen Auswertung der Schalenbräune eliminieren zu können. Dies wiederum würde sicherlich in der Folge auch zu einer Verbesserung der nicht-destruktiven Vorhersagemodelle führen.

#### KANN DIE EPIPHYTEN-ENTWICKLUNG DES RUSSTAU-KOMPLEXES WÄHREND DER LAGERUNG BEEINFLUSST WERDEN?

Epiphytische Pilze wachsen auf der Oberfläche von lebenden Pflanzen und können sich dort vermehren. Anders als bei klassischen Pilzkrankungen des Apfels wie Schorf oder Mehltau dringen epiphytische Pilze nicht in das Pflanzengewebe ein, sondern verbleiben auf der Oberfläche und sind darum nicht als direkte Schaderreger zu betrachten.

Epiphytische Pilze wie Rußtau oder die Regenfleckenkrankheit können nicht mehr nur bei Bio-Äpfeln relevante Lagerausfälle verursachen. Vor allem bei den zu erwartenden längeren Lagerzeiträumen stellen diese Pilze einen limitierenden Faktor für die Vermarktung dar. Die Kontamination findet jedoch im Feld statt, wobei eine zufriedenstellende Abwehr dieses Komplexes aus verschiedenen Pilzarten in der Obstanlage bisher vielfach nicht möglich ist.

#### DIE HERAUSFORDERUNG DURCH RUSSTAU UND WEISSEN HAUCH

Rußtau und Weißer Hauch gehören zu den epiphytischen Krankheitskomplexen (EKK), die in den letzten Jahren beträchtliche Lagerausfälle in Südtirol verursachen. Rußtau ist durch einen oberflächlichen schwarz-grünen „rußartigen“ Belag



Abb. 6: Physiologische Störung an der Schale von Äpfeln der Sorte CIVM49 // *Physiological disorder on the apple skin of cv. CIVM49.*

gekennzeichnet, der wie eine Verschmutzung aussieht, teilweise abwischbar ist und sich während der Lagerung weiterentwickelt (Abb. 4). In Kombination treten häufig Weißer Hauch, Regenfleckenkrankheit oder Fliegenschmutzkrankheit auf. In Südtirol wurden bisher zahlreiche Arten von Rußtaupilzen identifiziert, wobei *Cladosporium cladosporoides*, *Alternaria* sp. und *Aureobasidium pullulans* am häufigsten vertreten sind.

#### FAKTOREN UND LAGERTECHNISCHE MASSNAHMEN

Hauptfaktoren für das Ausbreitungsphänomen der Epiphyten sind: von Insekten abgesonderter Honigtau, Blattdünger, ungeeignete

Sorten/Lagen-Kombinationen, Hagelnetze, begrenzte Verfügbarkeit von Fungiziden und erhebliche Einschränkungen bei der Anwendung von Wirkstoffen. Diese Faktoren beeinflussen die Entwicklung der Pilze bereits am Baum oder erst während der Lagerung.

Die Arbeitsgruppe Lagerung und Nacherntebiologie des Versuchszentrums Laimburg untersuchte den Einfluss und die Grenzen verschiedener lagertechnischer Maßnahmen zur Vorbeugung einer solchen Epiphytenentwicklung nach der Ernte. Zu den untersuchten Faktoren gehörten verschiedene Reifestadien, Lagerdauer, Feuchtigkeitsniveau in der Lageratmosphäre, kontrollierte Atmosphäre gegen-

über Kühllager, Ionisation der Luft in der Kühlzelle während der Lagerung und Ozon-Behandlungen in der Kühlzelle.

#### ERKENNTNISSE AUS DEN VERSUCHEN

Unsere Versuchsergebnisse zeigen, führte Angelo Zanella aus, dass das Reifestadium eine wichtige Rolle spielt; spätere Ernten können die Epiphyten besonders während der ULO-Lagerung fördern. Eine höhere Luftfeuchtigkeit beeinflusst die Kombination von Rußtau und Weißem Hauch. Eine Luftfeuchtigkeitssenkung in der Lagerzelle ist nur kurzfristig wirksam, außerdem führt diese zu erheblichen Gewichts- und Qualitätsverlusten durch erhöhte Wassertranspiration. Die Luftionisierung kann zur „Neutralisierung“ gebundener Moleküle und Pilzsporen führen und das Artenspektrum verschieben, was kurzfristig (3 Monate ULO Lagerung) zu einer leichten Schadensreduzierung führt. Nach 5 Monaten ULO Lagerung ist die Wirksamkeit der Ionisierung gegen Rußtau und Weißen Hauch jedoch beschränkt.

In Zusammenarbeit mit dem Schweizer Institut Agroscope (Severine Gabioud) wurden verschiedene Ozon-Behandlungen untersucht. Diese können Häufigkeit und Intensität des durch EKK verursachten Schadens nachhaltig reduzieren. Leider wurde bei ionisierten und Ozon-behandelten Früchten eine erhöhte Fettigkeit der Fruchtschale bei Äpfeln der Sorte *Cripps Pink* beobachtet.

#### STRATEGIEN UND ZUKÜNFTIGE MASSNAHMEN

Die bisher angewandten Strategien gegen EKK haben Vor- und Nachteile gezeigt. Die Luftfeuchtigkeitssenkung in der Lagerzelle kann kurzfristig eine Schadensreduzierung bewirken, führt aber zu Qualitätsverlusten. Die Ionisierung hat Potenzial, da sie das Pilz-Artenspektrum verschieben kann, ohne gesundheitsschädlich zu sein. Die Ozonbehandlung reduziert mittlere und schwere Symptome, bringt jedoch negative



Abb. 7: Gewöhnliche Schalenbräune bei der Apfelsorte Bonita // *Common scald on apple cv. Bonita.*

Nebenwirkungen wie erhöhte Fettigkeit der Früchte mit sich.

Die Erkenntnisse während der Lagerungsphase sind ein Glied von vielen für die Entwicklung wirksamer Maßnahmen entlang der gesamten Produktionskette, um die Entwicklung von Epiphyten zu verhindern. Wichtige Maßnahmen umfassen:

- Vermeidung von Nährsubstraten am Apfel
- Durchlüftung der Anlage
- Keine spätreifenden Sorten in feuchten Lagen
- Pflanzenschutz (Bio und IP)
- Richtiger Erntezeitpunkt
- Warmwasserbehandlung
- Geeignete Lagerdauer und Lagerbedingungen

- Bürsten der Früchte

Am Versuchszentrum Laimburg arbeitet eine interdisziplinäre Arbeitsgruppe an diesem Thema, bestehend aus den Arbeitsgruppen Lagerung und Nacherntebiologie, Phytopathologie, Virologie und Diagnostik, Mittelprüfung und Bioanbau.

#### EINFLUSS VON EIGENSCHAFTEN DER APFELSCHALE AUF DEN EPIPHYTENBEFALL UND AUSWIRKUNGEN VON BLAUEM LED-LICHT AUF DIE FÄULNIS-ENTWICKLUNG

Fungale Sporen (Konidien), welche die Kontamination von Apfelschalen mit Epiphyten wie Rußtau oder Fäulnis verursachen können, spielen eine entscheidende Rolle bei der Verbreitung und dem Überleben von Pilzen in der Umwelt. Die Eigenschaften der Apfelschale spielen ei-

ne Schlüsselrolle in der Wechselwirkung mit den Sporen von Mikroorganismen, worauf Professor Rajko Vidrih von der Universität Ljubljana in seinem Vortrag ausführlich einging. Darüber hinaus scheint blaues LED-Licht ihre Resistenz gegen Pilzkontaminationen wie *Penicillium expansum* zu verbessern. Die Haftung der Sporen an Oberflächen ist entscheidend für ihre Verbreitung und Besiedlung. Die Merkmale der Apfeloberfläche beeinflussen die Sporenhftung, wobei die Rauheit den größten Effekt hat, gefolgt von der Hydrophobie und dem Zeta-Potenzial. Äpfel mit größerer Hydrophobie sind weniger anfällig für mikrobielle Angriffe. Die Nach-Ernte-Bestrahlung mit blauem LED-Licht hat sich als Verbesserung der Färbung und Steigerung der Anthocyan-Einlagerung in Äpfeln erwiesen. Dieses Licht scheint auch die Resistenz der Äpfel gegen den

von *P. expansum* verursachten Verfall während der Lagerung zu verbessern.

### HAFTUNG DER SPOREN

Pilzsporen oder Konidiosporen sind reproduktive Strukturen, die von verschiedenen Arten von Pilzen produziert werden. Sie spielen eine entscheidende Rolle bei der Verbreitung und dem Überleben von Pilzen in der Umwelt. Die Sporen sind typischerweise ein- oder mehrzellige ungeschlechtliche Sporen, die an den Enden oder Seiten spezialisierter hyphaler Strukturen namens Konidienträger gebildet werden. Wenn die Sporen in die Umwelt freigesetzt werden, ist ihre Haftfähigkeit an Oberflächen entscheidend für ihre Verbreitung und Besiedlung. Der Haftprozess kann je nach Pilzarten und den Oberflächeneigenschaften, auf die sie treffen, variieren. Die Hauptmechanismen umfassen die Hydrophobie und Hydrophilie der Sporen und Oberflächen, die extrazellulären „Klebstoffe“, welche die Bindung der Sporen an verschiedene Oberflächen fördern, elektrostatische Wechselwirkungen zwischen Sporen und Oberflächen, oberflächliche Anhängsel charakteristisch für einige Arten, kapillare Kräfte und spezifische Rezeptor-Liganden-Wechselwirkungen.

*P. expansum*-Stämme haben typischerweise hydrophobe Oberflächen, die ihre Anhaftung an trockene Substrate wie Pflanzenoberflächen begünstigen können. Diese Stämme können extrazelluläre ‚Klebstoffe‘ produzieren, die verschiedene Verbindungen wie Proteine und Kohlenhydrate enthalten, die die Anhaftung der Sporen an Oberflächen fördern. *P. expansum*-Stämme haben Hydrophobine und andere Wandproteine, die die Sporen physisch an Oberflächen verankern und ihre Haftung verbessern. Die Sporen von *Penicillium*-Arten können aufgrund von Ladungsmolekülen auf ihren Oberflächen eine Netto-Ladung tragen. Auch kapillare Kräfte, spezifische Rezeptor-Liganden-Interaktionen sowie die Chemie und Topographie der Oberfläche beeinflussen die

Sporenhaftung signifikant. Neben den genetischen Merkmalen des Stammes wird die Sporenhaftung bei *Penicillium*-Arten von anderen Faktoren wie Umweltbedingungen, Verfügbarkeit von Nährstoffen und Vorhandensein potenzieller Wirtsorganismen beeinflusst. Die Fähigkeit der Sporen, an Oberflächen zu haften, ist entscheidend für ihren Erfolg bei der Verbreitung, Besiedlung und dem Überleben in verschiedenen Umgebungen und trägt zum ökologischen Erfolg von Pilzen bei.

### ROLLE DER FRUCHTOBERFLÄCHE BEI MIKROBIELLEN ANGRIFFEN

Die äußerste Schicht der Fruchtschale ist die Cuticula, die aus einem polymeren Netzwerk von Cutin (einem netzartigen, hydrophoben Material), Zellwandpolysacchariden und nicht-polymeren Wachsen besteht. Sie ist eine hydrophobe Membran, die die Frucht vor Umweltstress wie Licht, Feuchtigkeit und Temperatur schützt. Das cuticuläre Wachs ist eine der Strategien, die von Pflanzen verwendet werden, um Infektionen durch Pathogene zu bekämpfen. Nach einer Infektion bildet sich eine dickere Schicht cuticulären Wachses.

Die Frucht-Cuticula ist eine wichtige Barriere zwischen den oberirdischen Pflanzenorganen und den umgebenden abiotischen Bedingungen. Aufgrund der Bedeutung der Cuticula betrachten wir zunächst ihre oberflächlichen biophysikalischen Eigenschaften, die wichtig sind, um potenzielle mikrobielle Angriffe zu verstehen.

### HYDROPHOBIE UND MIKROBIELLE HAFTFÄHIGKEIT

Die Hydrophobie wird durch Messung des Kontaktwinkels der Oberflächen bestimmt. Ein Kontaktwinkel unter 90° weist auf eine hydrophile Oberfläche mit guten Benetzungseigenschaften hin. Höhere Kontaktwinkel (> 90°) haben eine hydrophobe Natur, die eine gute Benetzung behindert. Die Fähigkeit mikrobieller Anhaftung an die Oberfläche hängt daher von den Kontaktwinkeln beider Oberflächen, der

Frucht und der mikrobiellen Zelloberfläche, ab. Die Hydrophobie der mikrobiellen Zelloberfläche kann in einer Mischung aus apolaren und polaren Flüssigkeiten bestimmt werden. Die Hydrophobie wird durch das Verhältnis von Zellen, die von der apolaren Flüssigkeitsphase angezogen werden, zu Zellen, die von der polaren Flüssigkeitsphase angezogen werden, bestimmt.

In unseren Messungen wurde eine höhere Hydrophobie in neuen Apfelsorten festgestellt, die im Allgemeinen für ihre längere Haltbarkeit und Lagerfähigkeit bekannt sind. Die einheimischen Apfelsorten *Crown Prince Rudolph*, *Green Renette* und *Wax Apple* sind weniger hydrophob im Vergleich zu neueren Sorten, was sie anfälliger für mikrobielle Angriffe macht.

Der Epiphytenkomplex (EK), der Symptome wie Rußtau entwickelt, führt zu einer Verringerung des Kontaktwinkels (Kontrolle 92,8, EK 72,3, 82,3) aufgrund der Modifikation der Cuticula durch Epiphytenorganismen (Proben bereitgestellt von Angelo Zanella vom VZ Laimburg).

### RAUHEIT DER OBERFLÄCHE UND MIKROBIELLE ANHAFTUNGSFÄHIGKEIT

Die Anzahl der anhaftenden Mikroorganismen steigt mit zunehmender Oberflächenrauheit. Die erhöhte Anhaftung von Mikroorganismen an raueren Oberflächen resultiert aus einer stärkeren Wechselwirkung zwischen der erhöhten effektiven Oberfläche und der zunehmenden Anzahl von Rissen, Hohlräumen und Spalten.

Die Oberflächenrauheit wird durch Profilometrie oder Rasterkraftmikroskopie gemessen. Die Sorten *Crown Prince Rudolph*, *Idared*, *Parker's Pippin* und *Green Renette* haben eine geringere Rauheit (0,5 µm) im Vergleich zu *Granny Smith* (0,7 µm), *Golden Delicious* (0,95 µm) und *Elstar* (1,4 µm).

### OBERFLÄCHENLADUNG

Das Zeta-Potenzial steht im Zusammenhang mit der Oberflächenla-

derung von Materialoberflächen. Unsere Messungen gemeinsam mit Prof. Bohinc haben gezeigt, dass die Oberflächen von Äpfeln unter physiologischen Bedingungen negative Ladungen aufweisen, führte Prof. Vidrih aus. *Granny Smith* hat die höchste Ladung, während *Idared*, *Wax Apple* und *Elstar* das niedrigste Zeta-Potenzial aufweisen. Die meisten untersuchten Sorten haben einen isoelektrischen Punkt bei einem pH-Wert von etwa 3. Im Hinblick auf die Fähigkeit von Mikroorganismen, sich an die Fruchtoberfläche zu binden, begünstigen entgegengesetzte Ladungen (negative Oberfläche der Frucht vs. positive mikrobielle Ladung) die Bindung.

#### NACH-ERNTE-BESTRAHLUNG MIT BLAUEM LED-LICHT

Die Bestrahlung der Sorten *Idared*, *Fuji* und *Crown Prince Rudolph* mit blauem LED-Licht (Peakwellenlänge 444 nm) bei 8 °C für 7 Tage nach der Ernte verbesserte die Rotfärbung und erhöhte die Anthocyaneinlagerung (Abb. 5). Die Anzahl der bewerteten Quercetinglykoside und Enzyme, die an der Synthese aromatischer Aminosäuren beteiligt sind, nahm zu.

Die Proteomanalyse von Äpfeln nach Bestrahlung mit blauem LED-Licht zeigte eine Zunahme der Stressantwortproteine und Enzyme. Bei *P. expansum* wurden erhöhte Proteinspiegel im Kohlenhydratstoffwechsel und der Proteinsynthese festgestellt. Diese Ergebnisse zeigen, dass sowohl Äpfel als auch Pilze sich gegen den Stress durch blaues LED-Licht verteidigen. Blaues LED-Licht könnte somit die Resistenz von Äpfeln gegen *P. expansum* während der Lagerung verbessern.

Die bio-physikalischen Eigenschaften der Cuticula spiegeln die mikrobielle Haftfähigkeit an der Oberfläche des Apfels wider. Unter den drei Oberflächeneigenschaften des Apfels hat die Rauheit den stärksten Effekt, gefolgt von der Hydrophobie und dem Zeta-Potenzial. Daher beeinflussen die Fruchtschale und die Oberflächen der mikrobiellen Zellen

die mikrobielle Anhaftung. Für potenzielle zukünftige Forschungsrichtungen lohnt es sich, die Oberflächeneigenschaften von Äpfeln während Reifung, Lagerung und Haltbarkeit zu untersuchen.

#### UPDATE UND ERSTE INFORMATIONEN ZUM LAGERVERHALTEN NEUER APFELSORTEN

An der Arbeitsgruppe Lagerung und Nacherntebiologie am Versuchszentrum Laimburg werden laufend Lagerversuche mit neuen Apfelsorten zur Bestimmung der besten Parameter für den richtigen Erntezeitpunkt und für die erfolgreichsten Lagerungsbedingungen durchgeführt. Oswald Rossi gab einen Überblick über die bisherigen Ergebnisse mit einigen provisorischen Hinweisen auf spezifische Besonderheiten und Ansprüche, die durch weitere Untersuchungen abgeklärt werden müssen.

#### CIVM49 - REDPOP®

Bei rechtzeitiger Ernte hat sich diese Sorte als sehr gut lagerfähig erwiesen. Die hohe Festigkeit und die angenehme Knackigkeit der Früchte konnten auch nach 10 Monaten CA-ULO Lagerung gut erhalten werden. Nach aktuellem Wissensstand scheint es keine besonderen Vorsichtsmaßnahmen bei den Lagerbedingungen zu benötigen. Im Freiland wurden vor und zur Erntezeit charakteristische Schalenflecken auf der Sonnenseite der Früchte beobachtet. In der Saison 2022 wurde nicht immer rechtzeitig mit der Ernte begonnen. Mehrere ungünstige Faktoren, wie schütterere Anlagen und eine warme Witterung, führten zusätzlich dazu, dass die innere Qualität zur Auslagerung nicht immer optimal war. Nach der Lagerung trat eine physiologische Störung (Abb. 6) an der Schale auf, deren Ursache bisher noch nicht geklärt ist.



Abb. 8: Innere physiologische Schäden bei der Apfelsorte Inored // Internal physiological disorder on apple cv. Inored.

### **WA38 – COSMIC CRISP®**

In zwei Versuchsjahren und Herkünften aus drei Höhenlagen hat sich *WA38* als sehr gut lagerfähig erwiesen. Auch nach einer Lagerzeit von 10 Monaten wiesen die Früchte eine sehr hohe Genussqualität auf, wobei es im Allgemeinen nur geringe Ausfälle durch äußere oder innere Schäden gab. Nur bei der Kombination von später Ernte und sehr langer Lagerung gab es nennenswerte Ausfälle hauptsächlich durch Fäulnis oder Lentizellen-Nekrosen. Auch die physiologische Störung ‚Greenspot‘, die in der Obstanlage entsteht, sowie Stängelstiche, führten je nach Herkunft zu einigen Ausfällen. In der letzten Saison trat bei einer Herkunft aus einer Höhenlage bei Glurns auch relativ starke Schalenbräune auf, welche ansonsten in diesem Ausmaß noch nicht aufgefallen war.

### **BONITA**

Bei dieser Sorte hat sich bei den vielen Lagerversuchen immer deutlicher gezeigt, dass die Anbauzone für eine erfolgreiche Lagerung ausschlaggebend ist. Sowohl die warme Talsohle als auch sehr hohe und damit kühle Anbaugelände haben sich als ungünstig für die Lagerung gezeigt. Bei warmer Witterung in der Talsohle während der Reifephase bildet sich die Deckfarbe nur zögerlich aus, wodurch eine rechtzeitige Ernte schwer möglich ist. Zudem trat bei solchen Herkünften in der Praxis häufig Schalenbräune auf (Abb. 7). Bei einem Versuch zu diesem spezifischem Problem konnte ein deutlicher Zusammenhang mit später Zellenschließung aufgezeigt werden. In den Höhenlagen wiederum gab es regel-

mäßig Ausfälle durch Verbräunungen des Fruchtfleisches. Auf Grund der Versuchsergebnisse muss bei diesen Partien eine höhere Lager-temperatur angewendet, sowie eine kürzere Lagerdauer angestrebt werden. Partien unterschiedlicher Reifestadien und Jahren, aus Herkünften von den mittleren Lagen des Vinschgaus hingegen, konnten erfolgreich bis zu 8 Monaten gelagert werden.

### **INORED - STORY®**

Bei der Lagerung von *Inored* müssen besondere Vorsichtsmaßnahmen angewandt werden. Auf Grund der Neigung zu relevanten inneren physiologischen Lagerschäden (Abb. 8) wird eine höhere Lager-temperatur von nicht unter 2,5 °C empfohlen. Bei Herkünften aus Hügellagen (Vinschgau) haben sich diese Schäden stark gezeigt, weshalb die Sorte (konform mit den internationalen Empfehlungen) nur für warme Lagen empfohlen wird. Bei den Versuchen hat sich außerdem gezeigt, dass den inneren Schäden durch möglichst niedere CO<sub>2</sub>-Werte während der Lagerung sowie eine verzögerte Einstellung der kontrollierten Atmosphäre zusätzlich vorgebeugt werden kann.

Trotz dieser Empfindlichkeit kann die Sorte als gut lagerfähig bezeichnet werden, wie die Versuche am Versuchszentrum Laimburg gezeigt haben. Allerdings wurde auch bei dieser Sorte in der Praxis manchmal zu spät mit der Ernte begonnen. Diesbezüglich wurden für die laufende Saison die Parameter für den optimalen Erntebeginn insofern geändert, diesen vorzuziehen.

### **IPADOR - GIGA®**

Extrem hohe Festigkeit mit ausgeglichenem Zucker-Säure-Verhältnis zeichnet die Sorte *Ipador* aus. Auch nach sehr langer Lagerung bleiben diese Eigenschaften in hohem Ausmaß erhalten. Gleichzeitig wurden bei den bisherigen Versuchen nur minimale Ausfälle durch äußere und innere Schäden festgestellt. Bei der Festlegung des Erntefensters muss allerdings berücksichtigt werden, dass die Reife am Baum heterogen (ähnlich *Scifresh-Jazz™*) erfolgt. Es müssen daher mehrere Erntegänge durchgeführt werden und auf die Grundfarbe der Früchte geachtet werden.

### **CRIPPS RED BRISSET - JOYA®**

*Cripps Red Brisset* wurde bisher bei den Versuchen mit Herkünften aus dem Bozner Raum und Laimburg meist erfolgreich gelagert. Bei den Langzeitlagerungen unter ULO-Bedingungen konnte die Festigkeit sehr gut erhalten werden. Nach sehr langer Lagerung kann bei dieser Sorte eine starke Schalenbräune auftreten, welcher durch die Applikation von 1-MCP nur schwer vorzubeugen war. Ob die Anwendung von Dynamischer CA (DCA-CF), bzw. eine Kombination von DCA-CF und 1-MCP, diesbezüglich effektiver ist, konnte bisher nicht geklärt werden. Dies weil in der Saison 2022/23 überhaupt keine Schalenbräune auftrat. Zudem kann die Sorte bei zu später Ernte dazu neigen, Fettigkeit zu entwickeln. Diesbezüglich sollte das Erntefenster strikt eingehalten werden, zumal durch eine verzögerte Ernte der Zuckergehalt der Früchte nach der Lagerung nicht gesteigert wird, wie irrtümlich häufig angenommen wird.