



Report

Neuigkeiten aus der Lagerungstagung 2025 des Versuchszentrums Laimburg

Fruit storage novelties: the conference 2025 at the Laimburg Research Centre

Novità dalla frigoconservazione frutticola: il convegno 2025 al Centro di Sperimentazione Laimburg

Angelo Zanella¹, Fabrizio Costa², Ines Ebner¹, Paul Khalifeh¹, Alessia Panarese¹, Stefanie Maria Primisser¹, Sabine Öttl¹

¹Versuchszentrum Laimburg, 39040 Auer/Ora, Italy

²Università di Trento, 38122 Trento, Italy

CORRESPONDING AUTHOR

Angelo Zanella, Laimburg Research Centre, Laimburg 6, Pfatten/Vadena, 39040 Auer/Ora, BZ, Italy, angelo.zanella@laimburg.it, +390471969541

CITE ARTICLE AS

Zanella Angelo, Costa Fabrizio, Ebner Ines et.al. (2026). Fruit storage novelties: the conference 2025 at the Laimburg Research Centre. Laimburg Journal 08/2026 [DOI:10.23796/LJ/2026.009](https://doi.org/10.23796/LJ/2026.009).

KEYWORDS

Apple, *Malus x domestica*, storage, postharvest biology, postharvest technology, DCA, dynamic controlled atmosphere, post-harvest quality, dry lenticel rot, *Ramularia mali*, postharvest disorder, superficial scald



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.

EINLEITUNG

Am Freitag, den 1. August 2025, widmete sich die 26. Lagerungstagung zentralen Herausforderungen und Innovationen im Bereich des Managements von Obst nach der Ernte (Abb. 1). Im Mittelpunkt standen aktuelle Erkenntnisse zu lagerbedingten Qualitätsverlusten bei Äpfeln sowie innovative Strategien zu deren Vermeidung und ein Überblick zum bisherigen Witterungseinfluss auf die Fruchtqualität von Martin Thalheimer. Ein Schwerpunkt lag auf den durch *Ramularia mali* verursachten Lentizellenflecken, deren Ursachen, Verbreitungswege und Bekämpfungsmöglichkeiten sowohl aus phytopathologischer als auch aus nacherntebiologischer Sicht beleuchtet wurden. Darüber hinaus wurden neue Erkenntnisse zur Wirkung verschiedener Lagertechnologien auf Aroma, Textur und Fruchtqualität vorgestellt. Untersuchungen zu den Sorten *Red Delicious* und *Granny Smith* ver-

deutlichten die Wechselwirkungen zwischen DCA-CF, ULO und 1-MCP hinsichtlich Aromabildung und physiologischer Stabilität. Ergänzend wurde untersucht, wie sich unterschiedliche Lagerstrategien auf neue, kommerziell bedeutende Apfelsorten wie *WA38/Cosmic Crisp*®, *Scilate/envy*™, *Cripps Red/Joya*® und *CIVM49/RedPop*® auswirken. Die Tagung unterstrich die Bedeutung eines integrierten Nachernte-Managements, das Pflanzenschutz, Erntezeitpunkt, Lagertechnologie und Qualitätsanforderungen der jeweiligen Sorte gezielt miteinander verbindet.

RAMULARIA-LENTIZELLENFLECKEN - UPDATE AUS FORSCHUNG UND PRAXIS

Seit drei Jahren wird intensiv zu klecksartigen Lentizellenflecken (engl. dry lenticel rot) des Apfels, verursacht durch *R. mali*, geforscht. Im Rahmen der Lagerungstagung

fasste Stefanie Primisser von der Arbeitsgruppe Phytopathologie unter der Leitung von Sabine Öttl am Versuchszentrum Laimburg den aktuellen Wissensstand zusammen – mit besonderem Augenmerk auf praxisrelevante Ergebnisse.

Die klecksartigen Lentizellenflecken an Äpfeln wurden erstmals vor etwas mehr als 10 Jahren mit dem Pilz *Ramularia* sp. in Verbindung gebracht. Ein eindeutiger wissenschaftlicher Nachweis fehlte jedoch lange Zeit. Erst im aktuellen Forschungsprojekt gelang es, die Koch'schen Postulate für *R. mali* an Früchten der Sorte *Golden Delicious* zu erfüllen. Damit konnte erstmals bestätigt werden: Dieser Pilz ist tatsächlich der Verursacher der charakteristischen Lentizellenflecken. Typisch sind die Symptome nach einer Langzeitlagerung in kontrollierter Atmosphäre (1-2 °C, 0,5-2% O₂) von 3-6 Monaten. An den Lentizellen entstehen schwarz-braune, unregel-



Abb. 1: Die Referenten der 26. Lagerungstagung des Versuchszentrums Laimburg (von links: Stefanie Primisser, Angelo Zanella, Alessia Panarese, Martin Thalheimer) // Speakers at the 26th Laimburg Research Centre Orchard Conference (from left: Stefanie Primisser, Angelo Zanella, Alessia Panarese, Martin Thalheimer).

mäßig gesprenkelte Trockenfäulen von 1-5 mm Durchmesser, die jedoch nicht ins Fruchttinnere vordringen (Abb. 2). Das Vorkommen der klecksartigen Lentizellenflecken beschränkt sich in Italien bisher auf die norditalienischen Provinzen Südtirol, Trentino und Piemont. Außerdem gibt es Berichte aus Österreich (Steiermark) und Frankreich (Provence-Alpes-Côte d'Azur). Die Befallsstärke erweist sich als sehr heterogen. Während manche Erzeuger nur wenige Prozent Verluste melden, berichten Genossenschaften in anderen Regionen von Schäden bis über 50%. In Südtirol ist vor allem die Sorte *Golden Delicious* betroffen (Abb. 3), im Piemont hingegen die Sorte *Ambrosia*. Allerdings werden auch bei den Sorten *Braeburn* und *Bonita* und in geringem Maße bei *Gala*, *Shinano Gold*^(cov)/*yello*[®] und *Inored*^(cov)/*Story*[®] Ausfälle gemeldet.

Da über die Verbreitungsmechanismen dieses neuen Erregers bislang kaum Kenntnisse vorliegen, ist es für die Entwicklung wirksamer

Pflanzenschutz- und Hygienemaßnahmen entscheidend, seinen Lebenszyklus und seine Verbreitung genau zu verstehen. Dafür wurden an zwei Standorten mit unterschiedlichen klimatischen Bedingungen Proben aus jeweils zwei Anlagen untersucht, sowohl von Beständen, die in der Vergangenheit von *Ramularia*-Symptomen betroffen waren, als auch von solchen ohne Befall. Zu sechs Zeitpunkten wurden Falllaub, Knospen, Blüten und Früchte beprobt. Die Analyse erfolgte mittels einer spezifischen Real-time-PCR-Methode für *R. mali*. Die Ergebnisse zeigen, dass *R. mali* einen ubiquitären Lebensstil führt: Der Pilz konnte in allen vier untersuchten Anlagen nachgewiesen werden – unabhängig davon, ob nach der Lagerung in den Vorjahren Symptome aufgetreten waren oder nicht. Zudem konnte gezeigt werden, dass *R. mali* im Falllaub überwintern kann. Ob das Entfernen von befallenem Laub oder eine beschleunigte Zersetzung tatsächlich zu einer Reduktion des Inokulums und damit zu weniger Befall führt, ist

noch unklar. Eine Auswertung der Pflanzenschutzmaßnahmen, die gemeinsam mit dem Südtiroler Beratungsring für Obst- und Weinbau (SBR) erfolgte, zeigte keinen eindeutigen Einfluss auf die spätere Symptomentwicklung im Lager. Das macht deutlich: Allein die Anwesenheit des Pilzes reicht nicht aus, um Infektionen auszulösen. Neben dem Vorkommen des Erregers spielen weitere Faktoren im Feld und während der Lagerung eine wichtige Rolle.

Dahingehend stellte sich die Frage: Wie geht der Pilz mit dieser starken Änderung der Umweltbedingungen vom Freiland ins Lager um? Aus Studien zur Abbauleistung von Apfel-Biopolymeren (Stärke, Pektin, Zellulose) unter ULO-Lagerbedingungen (1% O₂, 1 °C) geht hervor, dass der Pilz langsam wächst und spezielle Bedingungen benötigt, um aktiv zu werden.

Wie sieht es jedoch im Pflanzenschutz aus? Gibt es Mittel, die helfen?

Da bisher noch keine Studien zur

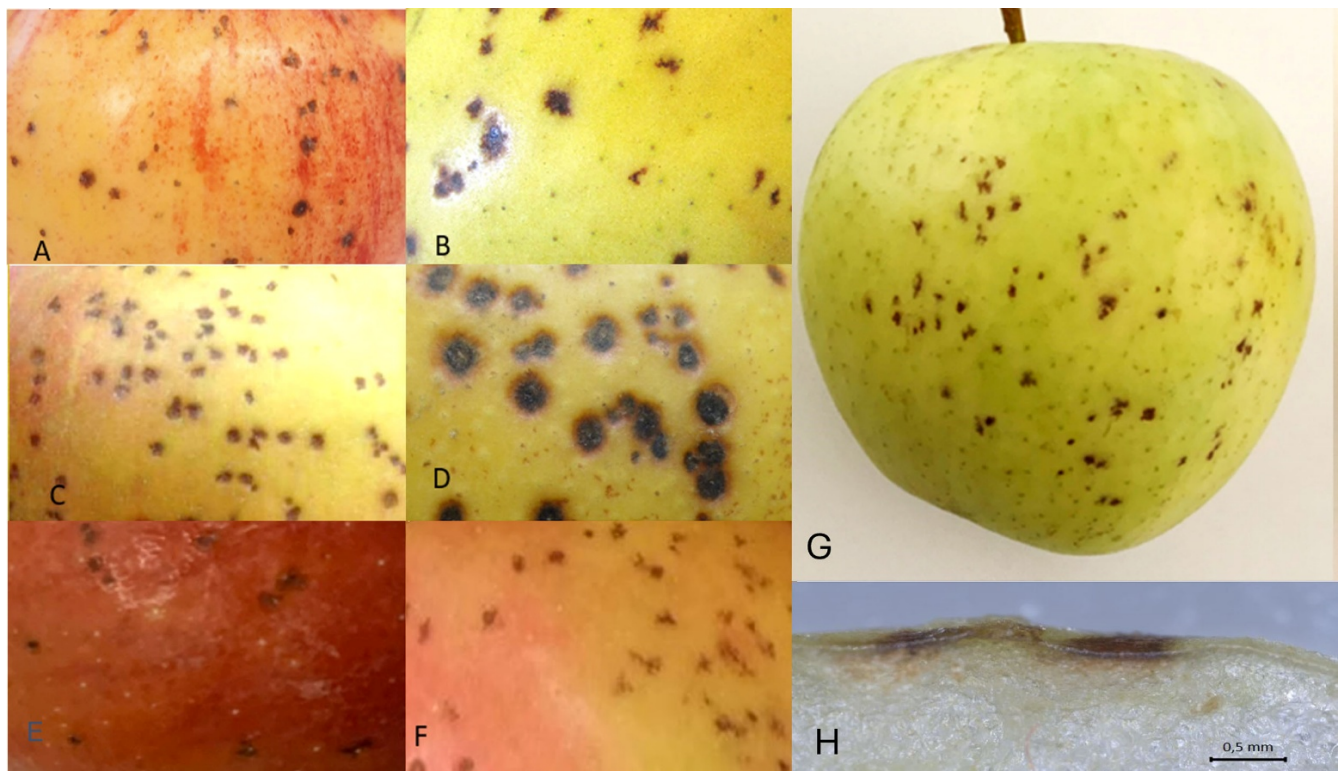


Abb. 2: *Ramularia mali*-Befall auf verschiedenen Sorten: *Gala* (A), *Golden Delicious* (B), *Braeburn* (C), *Shinano Gold*^(cov)/*yello*[®] (D), *Inored*^(cov)/*Story*[®] (E), *Bonita* (F), typischer *Ramularia mali*-Befall (G) und Querschnitt einer Schale (H) // '*Ramularia mali*' symptoms on different apple varieties: '*Gala*' (A), '*Golden Delicious*' (B), '*Braeburn*' (C), '*Shinano Gold*^(cov)/*yello*[®]' (D), '*Inored*^(cov)/*Story*[®]' (E), '*Bonita*' (F), typical '*Ramularia mali*' symptoms (G), and peel cross-section (H).

Sensitivität von *R. mali* gegenüber Fungiziden vorliegen, wurden zur Bewertung der Wirksamkeit einiger Fungizide von der AG Phytopathologie In-vitro-Fungizidtests durchgeführt. Die Untersuchung des relativen Myzelwachstums unter dem Einfluss verschiedener Fungizide liefert Erkenntnisse darüber, wie das Wachstum gehemmt oder der Pilz bei direktem Kontakt mit den Produkten getötet werden kann. Verwendet wurden 15 verschiedene Produkte (Bellis[®], Cantus[®], Century[®] Pro, Delan[®] Pro, Delan[®] 70 WG, Flint[®], Fontelis[®], Geoxe[®], Malvin[®] 80 WG, Poltiglia Disperss[®], Polyram[®] DF, Scala[®], Sercadis[®] SC, Tiovit[®] Jet, Ulmasud und Prothioconazol SIP41061). Nur wenige Produkte zeigten eine vollständige Hemmung des Myzelwachstums (100%), darunter Prothioconazol, Polyram[®] DF und Malvin[®] 80 WG. Die meisten Produkte blieben bei ca. 50%iger Hemmung. Um die Laborergebnisse durch praktische Erfahrungen zu ergänzen, wurden zusätzlich Feldversuche in einer stark befallsgefährdeten Apfelanlage durchgeführt. Diese Anlage wies in den Vorjahren eine Befallsrate von 70-90% auf und bot damit ideale Bedingungen, um die Wirksamkeit verschiedener Fungizidstrategien unter realistischen Bedingungen zu überprüfen. Zudem wurde untersucht, ob eine Nacherntebehandlung mit dem Reiferegulator 1-MCP einen Einfluss auf die Krankheitsentwicklung nach der Lagerung haben könnte. Die ersten Ergebnisse der Saison 2022/23 zeigten, dass die Wirkung der getesteten Fungizide ohne zusätzliche 1-MCP-Behandlung unzureichend war. Nach Auslagerung der Früchte lag der Befall mit Lentizellenflecken im Jahr 2022 mit Delan[®] Pro als wirksamstem Mittel noch zwischen 45 und 70%. Andere geprüfte Präparate erzielten teilweise noch schlechtere Resultate. Erst durch die Kombination mit 1-MCP konnte eine deutliche Verbesserung erreicht werden. Sehr gute Ergebnisse wurden in den Folgejahren mit Prothioconazol SIP41061 und Ulmasud erzielt. Dabei zeigte sich, dass die Wirkung zwar von den ein-

gesetzten Fungiziden abhing, die zusätzliche Maßnahme mit 1-MCP jedoch in allen Varianten einen positiven Effekt auf die Befallsreduzierung hatte, wenn sie rechtzeitig eingesetzt wurde. Damit verdeutlichen die Feldversuche: eine alleinige Bekämpfung von *R. mali* durch Fungizide ist bislang nicht zuverlässig möglich, insbesondere da hochwirksame Wirkstoffe wie Prothioconazol bislang noch keine Zulassung im Apfelanbau besitzen.

Die Forschung der letzten Jahre hat das Verständnis der klecksartigen Lentizellenflecken deutlich vorangebracht. Klar ist: die bloße Anwesenheit von *R. mali* führt nicht automatisch zu Befall. Entscheidend sind zusätzliche Faktoren wie Witterung, Reifegrad der Früchte und Lagerbedingungen. Im Lager tritt die Krankheit vor allem unter niedrigen Temperaturen, hoher Luftfeuchtigkeit und Sauerstoffmangel auf. Der Pilz wächst langsam, benötigt eine Anpassungsphase und kann bestimmte Nährstoffe nur eingeschränkt abbauen – daher werden Symptome oft erst nach mehreren Monaten sichtbar. Für die Praxis bedeutet dies: eine rein chemisch-synthetische Bekämpfung ist derzeit nicht ausreichend. Neben der Wahl geeigneter Fungizide und Zusatzmaßnahmen wie 1-MCP kommt dem Zellen- und Partienmanagement große Bedeutung zu. Nur durch das Zusammenspiel von Forschungserkenntnissen, gezielter Pflanzenschutzstrategie und optimierter Lagertechnik können die Verluste durch *R. mali* künftig wirksam reduziert werden.

RAMULARIA-LENTIZELLENFLECKEN - DAS NACHERNTEVERHALTEN WÄHREND DER LANGFRISTIGEN LAGERUNG VON ÄPFELN

Bereits seit mehreren Jahren untersucht die Arbeitsgruppe Lagerung und Nacherntebiologie, unter der Leitung von Angelo Zanella, am Versuchszentrum Laimburg das Verhalten des neuartigen Schadbildes, das sich als klecksartige, sternförmige schwarze Flecken auf der Frucht-

oberfläche zeigt und durch den pilzlichen Erreger *R. mali* während der Lagerung von Äpfeln verursacht wird.

Erste Erkenntnisse der von Ines Ebner koordinierten Untersuchungen weisen nicht nur auf unterschiedlich hohe Anfälligkeit je nach Anbauzone, sondern auch je nach Reifegrad hin. Mit zunehmender Reife steigt auch die Wahrscheinlichkeit für die Entwicklung dieser Lentizellenflecken während der Lagerung. So wurden beispielsweise bei einer frühzeitigen Ernte von *Golden Delicious* und einer kurzen Lagerdauer von 4 Monaten in kontrollierter Atmosphäre unter ULO-Bedingungen kaum *Ramularia*-Flecken beobachtet, während eine verspätete Ernte aus der gleichen Obstanlage zu diesem Zeitpunkt bereits Ausfälle von über 40% durch *R. mali* verzeichnen musste. Hier konnte auch eine Behandlung mit dem Reifehemmer 1-MCP sofort nach der Ernte keinen positiven Effekt mehr erzielen. Dieser Trend verstärkt sich bei längerer Lagerdauer. Während nach 4 Monaten Lagerung die Höhe der Ausfälle durch *R. mali* bei 40% lag, wiesen nach 9-monatiger Lagerung bereits 70% der Früchte Symptome auf. Auch unter Shelf-Life-Bedingungen (1 Woche bei 20 °C nach der Kühllagerung) nahmen die Ausfälle weiter zu.

Auch eine Lagerung mit einer leistungsfähigen Technologie, der dynamisch kontrollierten Atmosphäre mittels Fluoreszenz-Sensoren (DCA-CF), konnte die Entwicklung der Lentizellenflecken nicht verhindern. Eine gewisse positive Wirkung auf die Hemmung der *Ramularia*-Entwicklung während der Lagerung zeigte ein leicht erhöhter Sauerstoffwert von 2,5% anstatt des normalerweise unter ULO-Bedingungen üblichen 1%. Diese Ergebnisse müssen jedoch weiter untersucht und untermauert werden. Dieser leicht erhöhte O₂-Gehalt führt allerdings zu vermehrtem Aufkommen anderer Fäulnisse, wie z. B. „Gloeosporiosen“, wodurch der *Ramularia*-Pilz verdeckt werden könnte.

Eine Möglichkeit, das Pilzwachstum



Abb. 3: *Golden Delicious* aus der Sortieranlage mit *Ramularia mali*-Befall // '*Golden Delicious*' apples from the sorting line showing '*Ramularia mali*' symptoms.

zu hemmen, könnte eine Kombination aus einer Lagerung mit erhöhtem Sauerstoffgehalt (2,5%) und einer 1-MCP-Behandlung darstellen. Ein Versuch dazu zeigt eine Reduzierung der Pilzentwicklung auch noch bei spät geernteten Früchten. Im Vergleich zu den Ausfällen durch *R. mali* nach einer 4-monatigen ULO-Lagerung mit 1% Sauerstoff und 1-MCP-Behandlung, die bei ca. 40% lagen, zeigten die in Kombination aus höherem Sauerstoff und 1-MCP gelagerten Früchte kaum *Ramularia*-Flecken. Dieser Trend konnte auch noch nach 9 Monaten Lagerung beobachtet werden. Auch hier sind noch weitere Untersuchungen notwendig, um diese Ergebnisse zu bestätigen.

Neben verschiedenen Lagerungstechnologien wurde in den letzten Jahren auch die Wirkung von Nacherntebehandlungen mit verschiedenen Produkten zur Desinfektion der Früchte vor der Einlagerung getestet. Es wurde ein Produkt integriert, das auf Basis von Benzoesäure eine desinfizierende Wirkung gegen Bakterien, Pilze und Viren hat, zudem ein weiteres Produkt, das ebenfalls eine desinfizierende Wirkung auf Mikroorganismen hat und auf Basis von Peressigsäure wirkt. Beide Produkte konnten allerdings nicht den gewünschten hemmenden Effekt auf die Entwicklung von *Ramularia*-Flecken erzielen. Einige Untersuchungen zeigten in diesen ersten Tastversuchen sogar eine Förderung der Lentizellenflecken nach der Behandlung mit diesen Produkten.

Vielversprechende Ergebnisse hingegen zeigte ein Versuch, bei dem die geernteten Früchte einer Nacherntebehandlung mit Warmwasser unterzogen wurden. Hierfür wurden die Früchte für 3 bzw. 1,5 min. in eine temperierte Wanne mit exakter Temperaturregelung bei 52 °C getaucht und anschließend unter ULO-Bedingungen für 9 Monate gelagert. Diese Behandlung konnte zwar das Auftreten von *Ramularia*-Flecken weitgehend verhindern, allerdings wurden vermehrt Lentizellenreizungen, *Alternaria* oder auch Stippe beobachtet. Daher stellt sich

die Frage, ob möglicherweise die Wassertemperatur von 52 °C zu hoch war. Dazu laufen weitere Untersuchungen zur Optimierung dieser Behandlung.

Zumal die Entwicklung dieses neuartigen Schadbildes während der Lagerung von Äpfeln bis vor einigen Jahren völlig unerforscht war, stellte sich auch die Frage, ob die Sporen von befallenen Früchten im Lager auf gesunde übertragbar sind. Dazu wurden für *Ramularia* anfällige Früchte zusammen mit gesunden Früchten eingelagert. Hier zeigte sich, dass keine Übertragung auf gesunde Früchte stattfindet. Eine kurzfristige Ozonbehandlung scheint zudem eine hemmende Wirkung auf die *Ramularia*-Entwicklung zu haben.

Die Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung eines integrierten Nachernte-Managements aus optimalem Erntezeitpunkt, angepasster Lagerstrategie und gezielten Nacherntebehandlungen. Es sind jedoch weitere Untersuchungen erforderlich, um praxistaugliche und wirtschaftlich tragfähige Empfehlungen für den Südtiroler Apfelanbau abzuleiten.

DIE REISE DER AROMEN: VOC-ENTWICKLUNG IN ÄPFELN VOR UND NACH LAGERUNG IN DCA-CF ODER NACH 1-MCP BEHANDLUNG

Konsumenten erwarten Äpfel, die auch nach mehreren Monaten Lagerung ihre Frische und ihren vollen Geschmack bewahren. Hierfür kommen innovative Lagertechnologien der kontrollierten Atmosphäre wie ULO, DCA-CF, die den Sauerstoffgehalt auf Basis der Chlorophyllfluoreszenz dynamisch reguliert, und der Reifehemmer 1-Methylcyclopropen (1-MCP) zum Einsatz. Alle Lagertechnologien beeinflussen Reifeprozesse in der Frucht auf unterschiedliche Weise, insbesondere die Bildung des Reifehormons Ethylen, das auch eine zentrale Rolle bei der Aromabildung spielt. Flüchtige organische Verbindungen (VOCs – Volatile Organic Compounds) sind chemische Mo-

leküle, die während der Fruchtreife gebildet werden und maßgeblich das sortentypische Aroma bestimmen. Ethylen wirkt dabei als molekularer Schalter, der gezielt Gene aktiviert, welche die Synthese von Enzymen steuern, die direkt an der Bildung von Aldehyden, Alkoholen und Estern beteiligt sind. Aldehyde entstehen in den frühen Reifestadien und prägen das Aroma unreifer Früchte durch markante grüne und grasige Noten. Aldehyde dienen dann gleichzeitig als Vorläufer für die Synthese von Alkoholen, die ebenfalls durch teilweise grüne, aber zunehmend auch fruchtige Aromenoten gekennzeichnet sind. Alkohole sind wiederum essenzielle Substrate für die Bildung von Estern, welche reifen Früchten charakteristische, intensive Fruchtaromen verleihen und maßgeblich zur sensorischen Reifequalität beitragen.

Die Arbeitsgruppe Lagerung und Nacherntebiologie am Versuchszentrum Laimburg befasst sich seit geraumer Zeit mit diesem Qualitätsaspekt. Alessia Panarese präsentierte in diesem Zusammenhang, wie innovative Lagerverfahren, insbesondere DCA-CF und 1-MCP, die Aromabildung in den Apfelsorten *Red Delicious* und *Granny Smith* auf unterschiedliche Weise beeinflussen und prägen. Es handelt sich um zwei kommerziell bedeutende Apfelsorten, die sich sowohl im Aromaprofil als auch in ihren Qualitätsmerkmalen deutlich unterscheiden. Im Mittelpunkt der Untersuchung stand die Fragestellung, welche der eingesetzten Lagertechnologien die Äpfel dem typischen Baumreife Aroma am nächsten brachte. Zur Ermittlung des sortentypischen Aromas („Aroma REIF“), definiert als Aromaemission zum Zeitpunkt der am Baum erreichten Genussreife, wurde über einen Zeitraum von sieben Wochen ein wöchentliches Monitoring der flüchtigen organischen Verbindungen (VOCs) sowie konventioneller Qualitätsparameter an direkt vom Baum gepflückten Früchten durchgeführt. Darüber hinaus wurden dieselben Analysen nach fünf Monaten Lagerung mit verschiedenen Technologien so-



Abb. 4: Flüchtige organische Moleküle, die als Aromen wahrgenommen werden, wurden mittels eines Gaschromatographen (GC-FID) gemessen. // Volatile organic compounds perceived as aromas were measured using a gas chromatograph (GC-FID).

wie nach weiteren vier bzw. acht Wochen Nachlagerung in gewöhnlichen Kühlzellen durchgeführt. Ziel dieser Nachlagerung war einerseits die Regeneration des Aromas, insbesondere bei mit 1-MCP behandelten Äpfeln, und andererseits die realitätsnahe Simulation des Transports für den Export. Im Fokus stand dabei insbesondere der Vergleich zwischen Proben mit und ohne 1-MCP-Behandlung. Die mittels Gaschromatographie durchgeführten Aroma-Analysen zeigten deutliche Unterschiede im Aromaprofil (Abb. 4). Bei *Red Delicious* zeigte sich während des Reifeprozesses am Baum deutlich eine sequenzielle Umwandlung von Aldehyden zu Alkoholen und schließlich zu Estern mit charakteristisch fruchtigen Noten. Gleichzeitig mit dem Ethylen-Klimakterium kam es zur

Genussreife, wobei sich das Aroma vollständig entfalten konnte. Bei *Granny Smith* blieb die Aromaproduktion über den gesamten Reifeverlauf hinweg auf einem niedrigen Niveau. Das Aromaprofil war überwiegend durch Aldehyde mit grasigen Noten geprägt. Ein klimakterischer Höhepunkt wurde während des Beobachtungszeitraums nicht erreicht; die Ethylenkonzentration blieb konstant unter 0,2 ppm. Dies ist auch darauf zurückzuführen, dass diese Sorte sehr unreif geerntet wird, um die Ausbildung der gewünschten grünen Grundfarbe zu bewahren. Technologien wie ULO oder DCA-CF ermöglichen eine gezielte Verlangsamung des Stoffwechsels und somit des Qualitätsverlusts während der Lagerung, ohne die Fähigkeit zur Aromabildung nach der Lagerdauer vollstän-

dig zu unterdrücken. Diese Lager-technologien führten bei beiden Sorten bereits nach fünf Monaten Lagerung zu einem Aromaprofil, das dem Reife Aroma am Baum ähnelte. Dabei war der Esteranteil bei *Red Delicious* etwas niedriger (Abb. 2a), während die Alkoholkonzentration bei *Granny Smith* im Vergleich zur Referenz höher ausfiel (Abb. 2b). Bei den selben Lagertechnologien in Kombination mit 1-MCP war das Aromaprofil hingegen nach fünf Monaten Lagerung deutlich unterdrückt, insbesondere bei *Red Delicious*, und zeigte keinen Regenerationseffekt durch die anschließende Nachlagerung von 4 bzw. 8 Wochen (Abb. 2a). 1-MCP blockiert die Ethylenrezeptoren, wodurch das Reifesignal unterbrochen und die Aromabildung gehemmt wird. DCA-CF hingegen senkt die Ethylenpro-

duktion aufgrund einer Reduzierung des Sauerstoffgehalts, ohne jedoch die Signalwahrnehmung für Ethylen vollständig zu hemmen. Dadurch bleibt die Aromasynthese erhalten, verläuft jedoch langsamer. Eine Nachlagerung in regulärer Atmosphäre (RA) führt zu einer erhöhten Atmungsaktivität und einer verstärkten Synthese der Aromen, insbesondere von Alkoholen und Estern. Die ungehemmte Ethylenproduktion begünstigt dabei eine intensive Aromabildung. Weiters können in RA Alterungsprozesse schneller auftreten, die das Aromaprofil verändern und zu überreifen oder fermentativen Noten wie reifer Banane oder tropischen Früchten führen. Trotz 1-MCP-Behandlung bleibt die Stoffwechselintensität in gewöhnlicher Atmosphäre (RA) hoch, was die Ethylenbiosynthese weiterhin stimuliert. Während der Lagerung in RA können sich neue Ethylenrezeptoren bilden, die nicht mehr durch 1-MCP blockiert sind, wodurch Reifeprozesse erneut aktiviert und die Aromabildung gefördert werden können. Entsprechend wurde die Aromasynthese unter RA + 1-MCP nicht vollständig unterdrückt – insbesondere bei *Red Delicious*, wo vermehrt fruchtige Ester nachgewiesen wurden, aber auch bei *Granny Smith*, wo ein höherer Anteil an Alkoholen beobachtet wurde.

Neben dem Aromaprofil wurden auch Qualitätsmerkmale wie die Fruchtfleischfestigkeit sowie das Auftreten physiologischer Schäden, darunter Schalenbräune und Kernhausbräune, ausgewertet. Bei *Red Delicious* erwiesen sich ULO und DCA-CF, aber auch RA in Kombination mit 1-MCP als besonders vorteilhaft, da sie sowohl die äußere als auch die innere Fruchtqualität selbst nach fünf Monaten Lagerung und zusätzlichen acht Wochen Kühlagerung als Extremszenario ohne Qualitätsverluste erhalten konnten. Bei den nicht mit 1-MCP behandelten Lagervarianten dieses Extremszenarios variierte der Befall mit Schalenbräune deutlich (RA: 89%, ULO: 79%, DCA-CF: 33%), und die Fruchtfestigkeitswerte waren niedriger (ca. 5 kgf). Bei *Granny*

Smith konnte in diesem Extremszenario durch Behandlung mit 1-MCP das Auftreten von Schalenbräune in allen Lagervarianten vollständig kontrolliert werden. Es traten jedoch leichte Kernhausverbräunungen auf (RA + 1-MCP: 22%, ULO + 1-MCP: 72%, DCA-CF + 1-MCP: 24%). Die nicht mit 1-MCP behandelten Äpfel wiesen hingegen häufig Schalenbräuneschäden auf (RA: 61%, ULO: 80%, DCA-CF: 34%). Zusammenfassend zeigt diese Studie, dass jenes am Baum entwickelte Reife Aroma eine wertvolle Referenz für die Qualitätsbewertung nach der Lagerung darstellt. *Red Delicious* entwickelte während des Reifeverlaufs ein zunehmend komplexes und vielschichtiges Aromaprofil. Im Gegensatz dazu erwies sich *Granny Smith* als weniger aromatisch, was sich in einer insgesamt geringeren Vielfalt und Intensität der Aromastoffe widerspiegelte. Lagertechnologien wie DCA-CF und ULO – mit oder ohne 1-MCP-Behandlung – beeinflussen die Aromabildung und Fruchtqualität von Äpfeln maßgeblich. Während 1-MCP die Reifeprozesse wirksam verzögert, kann es die Entwicklung des Aromas deutlich hemmen, wie insbesondere bei *Red Delicious* unter ULO- und DCA-CF-Bedingungen beobachtet wurde. DCA-CF bietet jedoch den Vorteil, die Stoffwechselaktivität gezielt zu verlangsamen, ohne die Aromasynthese vollständig zu unterdrücken. Bei *Granny Smith* konnte das sortentypische Aromaprofil aufgrund des nicht erreichten klimakterischen Peaks nicht eindeutig identifiziert werden, was allerdings erwartbar ist, da diese Sorte bekanntlich kein ausgeprägtes Aroma entwickelt. Nach der Lagerung zeigten dennoch alle Varianten ein reifeähnliches Aromaprofil, das vor allem durch grüne und grasige Noten geprägt war. Die Fruchtqualität ist das Ergebnis eines Zusammenspiels mehrerer Faktoren, wobei das Nachernte-Management stets die Balance zwischen Haltbarkeit, Aromaprofil und äußerer Qualität finden muss. Angelo Zanella, Leiter der Arbeitsgruppe Lagerung und Nacherntebiologie, schloss daraus, dass die Wahl der Lagertechnolo-

gie aufgrund dieser Studie gezielt auf sortenspezifische Eigenschaften und die geplante Lagerdauer abgestimmt werden sollte, um ein optimales Qualitätsprofil zu erzielen. Diese Studie liefert praxisrelevante Erkenntnisse für den Einsatz innovativer Lagerstrategien und unterstützt die Sicherstellung der Apfelqualität auch nach längerer Lagerung, sowohl im Handel als auch für den Endverbraucher.

WELCHE LAGERUNGSSTRATEGIE FUNKTIONIERT AM BESTEN BEI SCILATE/ENVY™, WA38/COSMIC CRISP®, CRIPPS RED/JOYA® UND CIVM49/RED POP®?

Die Ansprüche an die Qualität des Apfels von heute werden immer höher. Maßgeblich beteiligt an der „Schaffung“ von Äpfeln mit einem hohen Qualitätspotenzial ist die Sortenzüchtung. Übergeordnetes Ziel ist die Züchtung eines Apfels, dessen herausragende Qualität auch möglichst lange nach erfolgter Ernte erhalten bleiben soll. Hierzu kommen maßgeschneiderte Lagertechnologien zum Einsatz, die ihrerseits in stetiger Entwicklung sind. Die Kaufpräferenz der Konsumenten für Äpfel hängt in der heutigen Zeit maßgeblich von zentralen Qualitätsattributen ab, wobei in diesem Zusammenhang Textur und Aromaprofil eine Schlüsselrolle einnehmen.

Angelo Zanella, Leiter der Arbeitsgruppe für Lagerung und Nacherntebiologie am Versuchszentrum Laimburg, präsentierte in seinem Vortrag aktuelle Ergebnisse einer Diplomarbeit von Paul Khalifeh unter Aufsicht von Prof. Fabrizio Costa (Universität Trient), in der der Einfluss dreier unterschiedlicher Lagerungstechnologien auf vier Apfelsorten (Abb. 5) untersucht wurde: WA38/Cosmic Crisp®, Scilate/envy™, CIVM49/RedPop® und Cripps Red/Joya®. Im Fokus standen dabei die Lagerung unter niedrigem Sauerstoffgehalt (ULO), die dynamisch kontrollierte Atmosphäre mittels Chlorophyllfluoreszenz (DCA-CF) sowie die Nacherntebehandlung mit dem Reifehemmer 1-Methylcyclopropen (1-MCP) vor

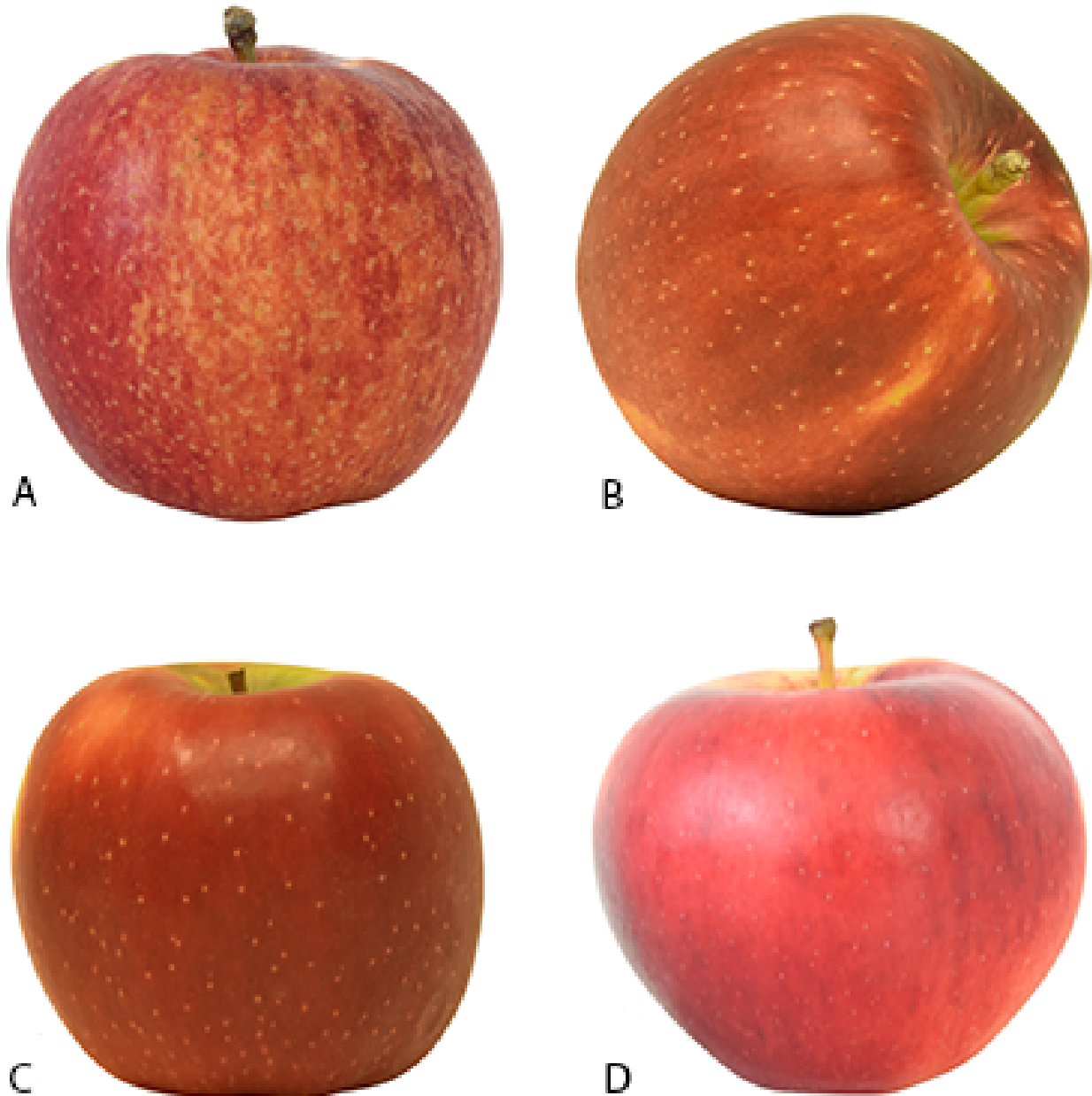


Abb. 5: Die Apfelsorten *Scilate/envy*[™] (A), *WA38/Cosmic Crisp*[®] (B), *Cripps Red/Joya*[®] (C) *CIVM49/Red Pop*[®] (D) // *Apple varieties 'Scilate/envy'™ (A), 'WA38/Cosmic Crisp'® (B), 'Cripps Red/Joya'® (C), and 'CIVM49/Red Pop'® (D).*

der Lagerung in kontrollierter Atmosphäre.

Im Rahmen der Untersuchungen wurde insbesondere der Einfluss dieser Technologien auf die Entwicklung der Genussqualität, das Auftreten physiologischer Schäden, Fäulnisssymptome und die Aromenausprägung analysiert. Ein besonderes Augenmerk galt der Fruchttextur und der Aromaentwicklung. Hinsichtlich der Textur wurde ein innovativer Ansatz verfolgt: neben mechanischen Parametern wurden

auch akustische Eigenschaften erfasst – mit dem Ziel, über diese Rückschlüsse auf die Knackigkeit der Äpfel ziehen zu können.

Die Versuchsergebnisse zeigen deutlich, dass sich die vier untersuchten Apfelsorten signifikant voneinander unterscheiden: sowohl die Textur als auch die Aromaprofile sind stark genetisch bedingt. Dennoch haben die drei verglichenen Lagerungsstrategien die nach der Lagerung gemessenen Eigenschaften maßgeblich beeinflusst.

Besonders hervorzuheben ist der konservierende Effekt des Reifehemmers 1-MCP auf die Festigkeit der Sorten *Scilate/envy*[™] und *CIVM49/RedPop*[®]. Allerdings führte die Anwendung von 1-MCP bei *Scilate/envy*[™] vermehrt zum Auftreten innerer physiologischer Fruchtfleischverbräunungen. Bezüglich des Einflusses der Lagerungstechnologie auf das Aromaprofil zeigten sich deutliche sortenspezifische Unterschiede: bei *Scilate/envy*[™] wiesen die mit 1-MCP behandelten

Früchte nach der Lagerung nur geringe Aromasignale auf, während jene, die in DCA-CF bzw. ULO gelagert wurden, eine Aromaentwicklung zeigten. Ähnliche Ergebnisse wurden bei der Sorte *WA38/Cosmic Crisp*® beobachtet. Im Gegensatz dazu konnte bei *C/VM49/RedPop*® zwischen den drei Lagerungstechnologien kein Unterschied im Aromaprofil festgestellt werden. Die Sorte *Cripps Red/Joya*® zeigte ein generell niedriges Aromaniveau, un-

abhängig von der angewandten Lagerungsstrategie.

Grundsätzlich geht aus den Untersuchungen hervor, dass Textur und Aroma tendenziell negativ korreliert sind – das heißt, texturbegleitende Merkmale wie Knackigkeit gehen häufig mit einer reduzierten Aromatik einher. Daher sollten sich Entscheidungsträger bewusst sein, dass bei der Lagerung ein Kompromiss zwischen Textur und Aroma notwendig ist. Bei der Auswahl

neuer Sorten oder Lagerstrategien sollte idealerweise sowohl die Lagerfähigkeit als auch die Aromabildung berücksichtigt werden. Während der konservierende Effekt einer kontrollierten Atmosphäre wie ULO oder DCA-CF nach der Lagerung nachlässt, wirkt der Einfluss des Ethylen-Antagonisten 1-MCP über die Lagerung hinaus weiter und beeinflusst insofern die genetisch bedingte Charakteristik jeder Sorte.