

Kühlagerung plus MCP als Ersatz für CA-Lagerung?

Dem Einsatz von SmartFresh™ mit dem Wirkstoff 1-Methylcyclopropan (MCP) in der Apfellagerung wurde von Enthusiasten vorausgesagt, dass er die Apfellagerung revolutionieren wird wie damals die Einführung der CA-Lagertechnik. Die Anwendung von MCP in den letzten zwei Jahren hat bei Sorten wie Elstar zu einer besseren Erhaltung der Essqualität geführt. Ob und inwieweit sich durch die Kombination «Kühlager plus MCP» die CA- oder ULO-Lagerung ersetzen lässt, wird durch viele Faktoren beeinflusst. Generell lohnt sich eine MCP-Behandlung nur für Premiumware geeigneter Sorten bei optimaler Reife.

SÉVERINE GABIOUD, ERNST HÖHN, FRANZ GASSER, DANIEL BAUMGARTNER, WERNER NAUNHEIM UND THOMAS EPPLER, FORSCHUNGSANSTALT AGROSCOPE CHANGINS-WÄDENSWIL ACW
KLAUS GERSBACH, STRICKHOF FACHSTELLE OBST, LINDAU
JÜRIG MAURER, INFORAMA OESCHBERG, FACHSTELLE FÜR OBST UND BEEREN, KOPPIGEN
severine.gabioud@acw.admin.ch

Seit Herbst 2005 wird in der Schweiz SmartFresh™ (Wirkstoff: 1-Methylcyclopropan, MCP) zur Behandlung von Tafeläpfeln bei der Einlagerung eingesetzt. MCP ist ein Ethylenhemmer (Streif et al. 2002, Höhn et al. 2007). Eine Behandlung von Äpfeln kurz nach der Ernte verlangsamt die Reifung sowie das Weichwerden und den Säureabbau. Die Wirkung von MCP ist allerdings sortenabhängig. Zudem sollten die Äpfel im richtigen Reifestadium behandelt werden. Unreife oder knapp reife Früchte bilden wenig oder kein Ethylen. In diesem Fall vermindert oder verhindert die MCP-Behandlung die Aromabildung und dies schränkt die Essqualität empfindlich ein. Eine MCP-Behandlung in einem zu fortgeschrittenen Reifezustand zeigt im besten Fall eine schwache, aber sehr oft keine Wirkung mehr. Da die Stoffwechselaktivität je nach Lagerbedingungen vermindert ist, kann die Blockierung der Ethylenbildung und Reifung im Kühlager über Monate anhalten. Im CA- oder ULO-Lager vermindert sie sich meist erst nach Auslagerung der Früchte, nachdem sie für einen Zeitraum von bis zu zwei Wochen bei Raumtemperatur gehalten werden. Die Ethylenbildung setzt dann langsam wieder ein und damit werden die Reifevorgänge in Gang gesetzt.

Folgende Frage wird häufig von Direktvermarktern gestellt: Kann die Kombination Kühlager und MCP-Behandlung die CA-Lagerung ganz oder teilweise ersetzen? Im Folgenden werden Resultate der Versuche der Lagersaison 2006/07 vorgestellt. Es soll dargestellt werden, welche Möglichkeiten die MCP-Behandlung in Kombination mit dem Kühlager im Vergleich zum CA- oder ULO-Lager

bietet. Zudem soll aufgezeigt werden, welchen Einfluss der Pflückzeitpunkt beziehungsweise der Reifegrad der Früchte bei der Ernte und andere Faktoren auf die Qualitätseigenschaften und Lagerkrankheiten verschiedener Sorten haben.

Lagerversuche 2006/07

Seit mehr als fünf Jahren werden an der Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW zum Teil in Zusammenarbeit mit der Praxis Versuche mit SmartFresh™ (MCP) an verschiedenen Apfelsorten durchgeführt (Höhn et al. 2006). In der Lagersaison 2006/07 wurden Versuche mit Gala, Golden Delicious, Jonagold, Maigold, Rubinette und Rubens®-Civni durchgeführt (Tab. 1). Bei den Sorten Gala, Golden Delicious und Rubens®-Civni sollte zudem abgeklärt werden, welche Auswirkung der Reifegrad der Früchte auf die Wirkung und Wirkungsdauer der MCP-Behandlung

Tab. 1: Empfohlene Erntefenster und Erntewerte der Versuchsfrüchte (n = 20, FFF = Fruchtfleischfestigkeit).

Sorte	Herkunft/Ernte/Datum	FFF kg/cm ²	Zucker Brix	Stärkeabbau Jodzahl	Reifeindex Streif Index
Gala	empfohlenes Erntefenster	10.0-8.5	10.0-12.0	5-6	0.20-0.14
	BE 1. Ernte 12.09.06	11.0	11.9	6.3	0.15
	2. Ernte 21.09.06	9.7	12.2	6.8	0.12
Golden Delicious	empfohlenes Erntefenster	8.0-7.0	11.5-13.0	6-7	0.12-0.09
	ZH1 1. Ernte 25.09.06	8.6	13.2	5.4	0.12
	2. Ernte 05.10.06	8.2	13.2	5.7	0.10
	ZH2 1. Ernte 25.09.06	8.9	13.3	5.4	0.12
	2. Ernte 05.10.06	8.2	13.8	5.7	0.10
Jonagold	empfohlenes Erntefenster	7.5-6.5	11.5-13.0	7-8	0.08-0.07
	ZH3 Ernte 06.10.06	8.1	13.0	9.2	0.06
Maigold	empfohlenes Erntefenster	10.0-8.0	11.5-13.0	3-4	0.22-0.16
	TG1 Ernte 13.10.06	10.4	14.5	5.0	0.16
Rubinette	empfohlenes Erntefenster	8.0-7.0	12.0-13.0	4-5	0.13-0.10
	ZH3 Ernte 06.10.06	7.5	15.4	9.4	0.05
Rubens®- Civni	empfohlenes Erntefenster	8.5-7.5	12.0-13.0	3-5	0.17-0.11
	TG1 1. Ernte 19.09.06	9.1	12.2	4.3	0.17
	2. Ernte 28.09.06	8.1	13.6	5.5	0.11

Tab. 2: Lagerbedingungen.

Sorte	Kühlager Temp. °C	CA-/ULO-Lager		
		Temp. °C	% CO ₂	% O ₂
Gala	0.5-1	0.5	3	1
Golden Delicious	0.5-1	2	3	1
Jonagold	0.5-1	2	3	1
Maigold	3.5-4	3	3	2
RubINETTE	0.5-1	2.5	1.5	1.5
Rubens®-Civni	0.5-1	0.5	1.5	1.2

hat. Das Vorgehen bei diesen Versuchen war bei allen Sorten gleich. Die Früchte wurden geerntet, dann wurden Proben zur Bestimmung der Erntewerte und Ethylenproduktion genommen. Anschliessend wurden die Posten auf 3 bis 4 °C abgekühlt und in diesem Temperaturbereich gehalten. Nach sechs Tagen wurde die eine Hälfte mit MCP behandelt und anschliessend sowohl die unbehandelten Kontrollfrüchte als auch die mit MCP behandelten Früchte im Kühlager respektive im CA- oder ULO-Lager eingelagert (Tab. 2). Die ersten Auslagerungen wurden in den Monaten November und Dezember und dann weitere vier Auslagerungen in Abständen von etwa fünfzig Tagen vorgenommen (Ausnahme Maigold: insgesamt nur drei Auslagerungen). Bei jeder Auslagerung wurden Frucht- und Ethylenmessungen an zwei Proben von je zwanzig Äpfeln vorgenommen. Dabei wurden die Messungen an Probe 1 sofort nach der Auslagerung (Tag 1) und an Probe 2 sieben Tage nach der Auslagerung bei einer Aufbewahrungstemperatur von 20 °C und in Tragtaschen abgepackt vorgenommen.

Ethylenbildung und MCP

Die Wirkung von MCP kann schon kurz nach der Behandlung und anschliessend während der Lagerung anhand der Ethylenbildung überprüft werden. Wenn die Äpfel im richtigen Reifestadium behandelt wurden, verhindert MCP eine Ethylenbildung. Auf diese Weise wird überprüft, ob die MCP-Behandlung erfolgreich war oder nicht. Es ist be-

kannt, dass die Blockierung der Ethylenbildung durch MCP nach einer gewissen Lagerzeit abnimmt oder gänzlich wegfällt. Die genauen Gründe für das Nachlassen der Wirkung sind noch nicht abgeklärt. Immerhin ist bekannt, dass die Nachhaltigkeit der MCP-Wirkung je nach Sorte unterschiedlich sein kann. Dies wurde auch in den Lagerversuchen bei ACW beobachtet.

Bei einer Aufbewahrungstemperatur von 20 °C konnte die Ethylenbildung behandelte Ernteproben im Vergleich mit unbehandelten Früchten um zehn bis fünfzig Tage verzögert werden (Tab. 3). Aus den Ethylenmessungen geht hervor, dass die Sorte RubINETTE sehr stark und Maigold weniger auf die MCP-Behandlung anspricht. Es wurde auch überprüft, wie lange die Ethylenbildung bei Kühl- und CA-/ULO-Lagerung durch die MCP-Behandlung verhindert werden konnte. Es zeigte sich, dass die Nachhaltigkeit der MCP-Wirkung unter eigentlichen Lagerbedingungen erwartungsgemäss stark erhöht war (70 bis > 270 Tage). Der Effekt war aber ebenfalls ausgeprägt sortenspezifisch.

Ein Sonderfall ist die Sorte Rubens®-Civni. Auch unbehandelte Früchte bilden bei der Ernte nur Spuren von Ethylen und erst nach einigen Wochen Lagerung setzt die Ethylensynthese ein. In dieser Hinsicht verhält sich Rubens®-Civni wie seine Elternsorte Elstar (Höhn et al. 2007). Die Ethylenmessung gibt bei diesen Sorten somit kurz nach der Behandlung keine Hinweise auf die Wirkung der MCP-Behandlung. Weil Ethylenmessungen nur im Labor vorgenommen werden können, sind sie nicht unbedingt praxistauglich. Unter Praxisbedingungen müssen deshalb andere Eigenschaften wie die Veränderung der Fruchtfleischfestigkeit oder der Grundfarbe zur Beurteilung der MCP-Wirkung herangezogen werden.

Fruchtfleischfestigkeit und MCP

Viele Untersuchungen im Zusammenhang mit Praxisanwendungen von SmartFresh™ (MCP) zeigten bisher, dass das Weichwerden und der Frischeverlust von Tafeläpfeln während der Lagerung und vor allem auch in der Nachlagerungsphase stark vermindert werden. In diesen Versuchen interessiert, wie sich die MCP-Behandlung auf das Weichwerden verschiedener Sorten im Kühlager im Vergleich mit dem CA-/ULO-Lager auswirkte. Zudem sollte abgeklärt werden, ob sich durch Messungen der Festigkeit an unbehandelten und behandelten Äpfeln, die bei 20 °C aufbewahrt wurden, die Wirkung kurz nach der Behandlung überprüfen lässt und ob sich die einfacher durchzuführende Festigkeitsmessung als Alternative zur Ethylenmessung für die Erfolgskontrolle eignet. In Abbildung 1 wird dies am Beispiel der Sorte Golden Delicious stellvertretend für die anderen Sorten gezeigt. Mit dem Beginn der Ethylenbildung setzte auch der Abbau der Fruchtfleischfestigkeit ein. Messungen der Fruchtfleischfestigkeit sind mit einfachen und kostengünstigen Geräten durchführbar und somit auch für die Praxis zur Erfolgskontrolle der MCP-Behandlung geeignet.

Tab. 3: Ethylenbildung der Ernteproben (EP) und Nachhaltigkeit der MCP-Behandlung (KL = Kühlager; P1 + P2 = Pflückzeitpunkt 1 resp. 2).

Sorte/Herkunft/Ernte	Dauer, bis Ethylenbildung einsetzt (Tage)					
	EP	EP + MCP	KL	KL + MCP	CA/ULO	CA/ULO + MCP
Gala/BE/P1	0	23	0	>267	>267	>267
Gala/BE/P2	0	26	0	>258	>258	>258
GD/ZH1/P1	7	31	0	163	0	>263
GD/ZH1/P2	0	21	0	151	0	>263
GD/ZH2/P1	15	31	0	188	0	>263
GD/ZH2/P2	0	21	0	200	0	>263
Jonagold/ZH3	0	30	0	173	0	>272
Maigold/TG1	0	10	0	71	0	162
RubINETTE/ZH3	0	46	0	>272	>272	>272
Rubens®-Civni/TG2/P1	9	>93	0	200	>273	>273
Rubens®-Civni/TG2/P2	12	>77	0	>264	>264	>264

Das Weichwerden der Sorte RubINETTE konnte durch MCP, wie aufgrund der Ethylenmessungen erwartet, im Kühllager stärker verlangsamt werden als im ULO-Lager (Abb. 2 oben). Bei den Sorten Gala und Rubens®-Civni wurde das Weichwerden der mit MCP behandelten Früchte im ähnlichen Ausmass verlangsamt wie im ULO-Lager (Abb. 2 Mitte). Bei der Sorte Jonagold waren die Früchte schon bei der Auslagerung im November weicher als diejenigen aus dem ULO-Lager (Abb. 2 unten). Vermutlich waren sie zum Zeitpunkt der Behandlung schon in etwas fortgeschrittener Reife, was durch den bereits erfolgten Stärkeabbau und den tiefen Reifeindex angezeigt wird (Tab. 1). Bei der Sorte Golden Delicious wurde die MCP-Wirkung entscheidend durch den Erntezeitpunkt beeinflusst. Bei den Früchten der späteren Ernte liess die Wirkung von MCP früher nach. Wichtig war, dass durch die MCP-Behandlung bei der Nachlagerung aller Sorten eine Verlangsamung des Weichwerdens beobachtet werden konnte. Die Unterschiede in der Fruchtfleischfestigkeit zwischen den unbehandelten und behandelten Proben betragen meistens mehr als 0.5 kg/cm². Ein solcher Unterschied ist für die Konsumenten wahrnehmbar.

Säureabbau und MCP

Bei den meisten Apfelsorten wird der Säureabbau durch eine MCP-Behandlung verlangsamt. Dies hängt mit der Reduktion der Atmung zusammen. Bei der Atmung werden in Äpfeln neben Zuckern auch Säuren «veratmet». Durch eine Verlangsamung der Atmung, wie sie auch durch die Lagerung unter CA-Bedingungen erreicht wird, kann deshalb auch eine Verlangsamung des Säureabbaus erzielt werden. Meistens verläuft der Säureabbau parallel zur Abnahme der Fruchtfleischfestigkeit, wie an den Beispielen der Sorten RubINETTE, Gala und Jonagold (Abb. 2) gezeigt werden kann. Allerdings scheint die Wirkung von MCP auf den Säureabbau meist etwas stärker zu sein als auf das Weichwerden, insbesondere wenn die Behandlung der Früchte in einem reiferen Stadium erfolgte.

Lagerkrankheiten und MCP

In einer kürzlich erschienen Übersicht über die Wirkung von MCP im Zusammenhang mit Lagerstörungen wird dargelegt, dass je nach Art der Störungen MCP vermindernd oder aber beschleunigend wirken kann (Watkins 2007). Bei den Sorten Gala, Golden Delicious und Maigold traten weder bei behandelten noch bei unbehandelten Proben Lagerstörungen auf. Bei der Sorte Rubens®-Civni stellte man nur bei den unbehandelten Proben, die im Kühllager gelagert wurden, ab Januar Kernhausbräune fest. Bei RubINETTE traten Fleischverbräunungen und unter ULO-Bedingungen auch kleinste Kavernen auf (Abb. 3). Die Lagerstörungen nahmen mit zunehmender Lagerdauer tendenziell leicht zu. Aus der Praxis wurden in der Lagersaison 2006/07 keine Schäden an RubINETTE gemeldet. Bei Maigold kann durch die MCP-Behandlung das Risiko von

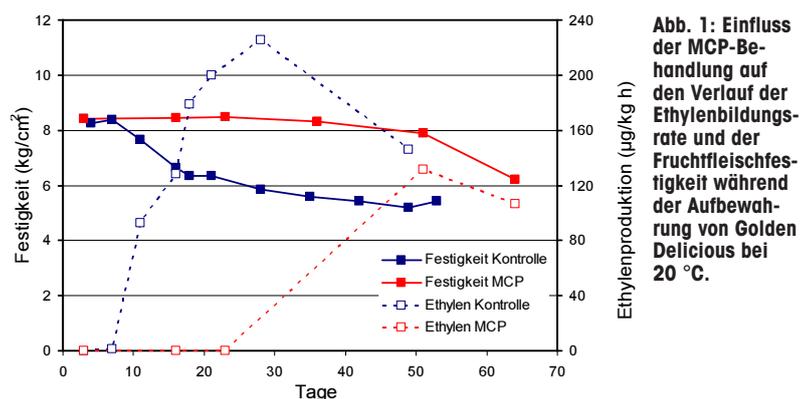


Abb. 1: Einfluss der MCP-Behandlung auf den Verlauf der Ethylenbildungsrate und der Fruchtfleischfestigkeit während der Aufbewahrung von Golden Delicious bei 20 °C.

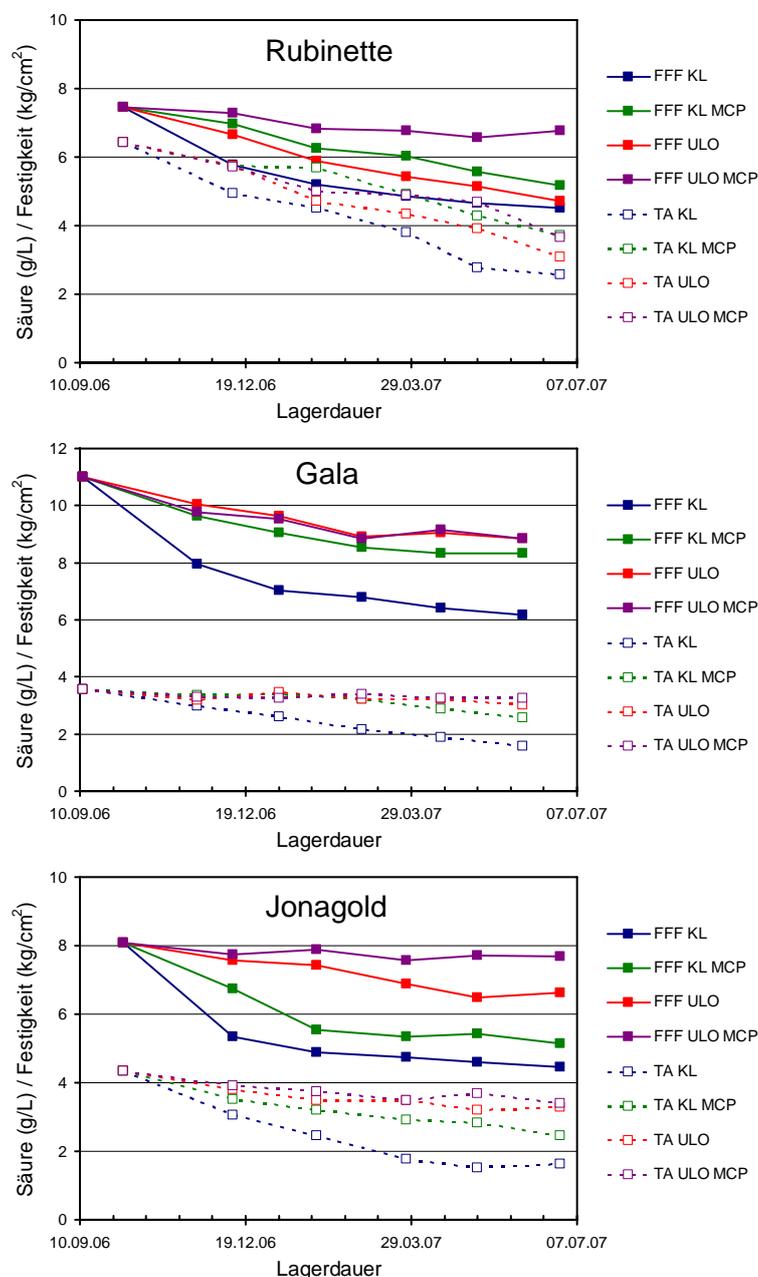


Abb. 2: Einfluss der MCP-Behandlung auf den Verlauf der Fruchtfleischfestigkeit und den Säureabbau der Sorten RubINETTE, Gala (PZP1) und Jonagold während der Lagerung (FFF = Fruchtfleischfestigkeit, TA = titrierbare Gesamtsäure, KL = Kühllager, ULO = ULO-Lager). Bei RubINETTE ist der MCP-Effekt stärker als der ULO-Effekt, bei Gala gleich stark und bei Jonagold geringer.

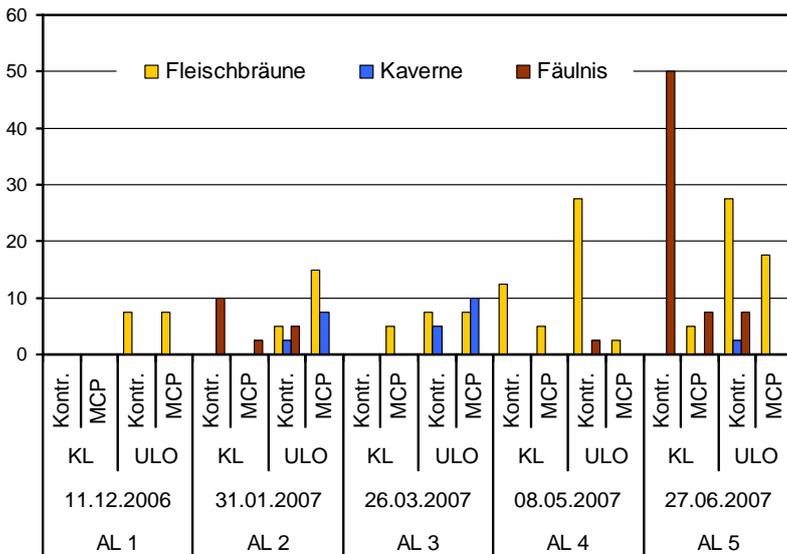


Abb. 3: Lagerkrankheiten bei der Sorte RubINETTE (AL = Auslagerung).

Hautbräunebefall in der Regel stark reduziert oder vollständig verhindert werden. Bei Jonagold wurde das Fettigwerden der Haut durch MCP verzögert, aber insbesondere bei der «Kühllagerware» nicht vollständig verhindert.

Schwund/Wasserverlust und MCP

Beim Vergleich zwischen Kühllager und ULO-Lager darf nicht ausser Acht gelassen werden, dass der Schwund oder Wasserverlust in Kühllagern meist grösser ist als in CA- oder ULO-Lagern. Weil ein Wasserverlust von mehr als 5% sichtbare Schrumpfung bedeutet, ist diesem wertvermindernden Faktor gebührend Rechnung zu tragen. Die Versuche zeigen, dass die MCP-Behandlung keinen Einfluss auf den Schwund hat. Besonders bei Sorten wie RubINETTE oder Golden Delicious schränkt dies die Lagerfähigkeit oder -dauer bei MCP-behandelten Früchten zuerst ein. Ein geschrumpfter MCP-Apfel mag zwar fleischig erscheinen, ist jedoch zähfleischig und deshalb nicht mehr akzeptabel.

Fazit

Der Einsatz von MCP trug bei den meisten Sorten zu einer längeren Haltbarkeit, das heisst einer besseren Erhaltung der Fruchtfleischfestigkeit und des Säuregehalts bei. Je nach Sorte konnte die Qualität MCP-behandelter Äpfel im Kühllager gleich lang erhalten werden wie diejenige unbehandelter Früchte im CA- oder ULO-Lager. Auf alle Fälle waren MCP-behandelte den unbehandelten Früchten aus dem Kühllager schon nach kurzer Lagerzeit von zwei bis drei Monaten qualitativ überlegen. Andererseits war der MCP-Effekt bei unter ULO-Bedingungen gelagerten Früchten, beispielsweise Gala, nicht immer positiv. Ob ein Ersatz der CA- oder ULO-Lagerung durch die Kombination Kühllager plus MCP kostenmässig Vorteile bietet, muss im Einzelfall überprüft werden. Ein CA-Lager bedingt höhere Kosten als ein Kühllager (Gasser et al. 2006). Diese müssen dem Aufwand für die MCP-Behandlung entgegengesetzt werden, der zur Zeit in der Grössenordnung von 5 bis 10 Rp/kg je nach Menge und Umtrieben liegt. Generell lohnt sich eine MCP-Behandlung nur für Premiumware geeigneter Sorten bei optimaler Reife. Eine weitere Optimierung des Einsatzes von MCP ist unabdingbar in Anbetracht der erst geringen Erfahrung mit dieser Verbindung in der Apfellaufbereitung im Vergleich mit den bald fünfzig Jahren Anwendung und der stetigen Verfeinerung der CA-Technik.

Literatur

- Streif J., Höhn E. und Gasser F.: 1-Methylcyclopropen (1-MCP): Einsatzmöglichkeiten in der Obstlagerung? Schweiz. Z. Obst-Weinbau, 138 (21), 550-553, 2002.
- Gasser F., Zürcher M. und Höhn E.: Kostenanalyse von kleinen CA-Lagern. Schweiz. Z. Obst-Weinbau, 142 (10), 8-11, 2006.
- Höhn E., Gasser F. und Siegrist J.-P.: Obsteinlagerung 2006. Schweiz. Z. Obst-Weinbau, 142 (16), 9-13, 2006.
- Höhn E., Baumgartner D., Crespo P. und Gasser F.: Reifesteuerung in der Apfellaufbereitung mit 1-Methylcyclopropen (MCP). Agrarforschung, 14(5), 188-193, 2007.
- Watkins Ch. B.: The effect of 1-MCP on the development of physiological disorders in horticultural crops. Stewart Postharvest Review, 2, 1-6, 2007.

RÉSUMÉ

Stockage en chambre frigorifique et traitement au MCP au lieu du stockage en AC?

Depuis l'automne 2005, SmartFresh™ (principe actif 1-méthyle-cyclopropène, MCP) est utilisé en Suisse pour le traitement des pommes de table en début de stockage. Une question récurrente des distributeurs directs est de savoir si le traitement MCP en association avec la chambre frigorifique peut entièrement ou en partie remplacer le stockage en AC? Les essais conduits durant la saison de stockage 2006 à 2007 montrent que selon la variété, la qualité des pommes traitées au MCP se conserve aussi longtemps en chambre frigorifique que celle de fruits non traités stockés en entrepôt AC ou ULO. En tous les cas, les fruits traités au MCP sont déjà d'une qualité supérieure aux fruits non traités stockés en chambre frigorifique après seulement deux à trois mois de stockage. De manière générale, le traitement MCP n'a de l'intérêt que pour les produits de premier choix de variétés appropriées à l'état de maturité parfait. Il reste toutefois du travail à faire pour définir la méthode d'utilisation optimale du MCP, un récent venu dans la conservation de pommes comparé à la technique AC, déjà implantée depuis près de cinquante ans.