

Vergleich der Ethylen- und Chlorpropham-Behandlung für die Lagerung von Kartoffeln

Brice Dupuis¹, Gaétan Riot¹, Theodor Ballmer², Etienne Thévoz¹, Roger Wüthrich² und Thomas Hebeisen²

¹Agroscope, Institut für Pflanzenbauwissenschaften IPB, 1260 Nyon

²Agroscope, Institut für Pflanzenbauwissenschaften IPB, 8046 Zürich

Auskunft: Brice Dupuis, E-Mail: brice.dupuis@agroscope.admin.ch



Abb. 1 | Kühlräume für die Lagerung der Kartoffeln.

(Foto: Gaétan Riot)

Einleitung

Durch die Aufrechterhaltung der Dormanz von Kartoffelknollen, die für den Verzehr vorgesehen sind, können durch die Keimung verursachte Gewichtsverluste und unerwünschte organoleptische Veränderungen eingeschränkt werden. Diese Konservierung muss bei genügend hohen Temperaturen ($> 8\text{ }^{\circ}\text{C}$) erfolgen, um die Entstehung von Zuckern zu limitieren, welche beim Frittieren eine bräunliche Verfärbung zur Folge haben, was bei der industriellen Verarbeitung der Kartoffeln zu Chips oder Pommes frites unerwünscht ist. Bei einer so hohen Temperatur kann die Dormanz der Knollen jedoch nicht genügend lang aufrechterhalten werden. Deshalb müssen keimhemmende Stoffe eingesetzt werden (Rousselle *et al.* 1996). Bei der wichtigsten zur Keimhemmung während der Lagerung eingesetzten Methode werden die Knollen, bevor sie ins Lager gelangen, mit Chlorpropham (CIPC: Isopropyl-3-Chlorophenylcarba-

mat) behandelt (Kleinkopf *et al.* 2003; Rousselle *et al.* 1996). CIPC wirkt durch Hemmung der Zellteilung in den Keimen (Campbell *et al.* 2010). Dies erklärt auch, weshalb CIPC-Rückstände in den Kartoffeln beim Verlassen des Lagers nachgewiesen werden können. Die Menge der Rückstände hängt ab von der verwendeten CIPC-Formulierung, der Anwendungsmethode sowie von der Dauer der Lagerung (Singh und Ezekiel 2010). Es wurden bereits verschiedene Studien durchgeführt, um festzustellen, ob die zugelassenen Höchstwerte für Rückstände (Maximum Residue Limit, MRL) in der Praxis nicht überschritten werden. Im Allgemeinen werden die MRL kaum überschritten, abgesehen von einigen seltenen Ausnahmen hauptsächlich bei der pulverförmigen Formulierung von CIPC (Ezekiel und Singh 2008; Kleinkopf *et al.* 1997; Noël *et al.* 2005). Darüber hinaus wird das Gesundheitsrisiko dadurch beschränkt, dass der Grossteil des angewendeten CIPC nicht von den Knollen aufgenommen wird und dass 90% der Rückstände beim Schälen entfernt werden, so dass schliesslich die nachweisbaren Rückstände in frittierten Produkten sehr gering sind (Ezekiel und Singh 2008; Lentza-Rizos und Balokas 2001). Obwohl das Gesundheitsrisiko für den Menschen klein ist, gibt dieses Produkt aus verschiedenen Gründen dennoch Anlass zu Sorge: i) Es ist für Säugetiere toxisch (DL50 von 4,2g/kg bei oraler Einnahme). ii) Es wird direkt auf die Knollen appliziert. iii) Die Langzeitwirkungen sind noch unzureichend erforscht (Green 2009).

Es gibt Alternativen zu CIPC, wie Ethylen, Wasserstoffperoxid, Ozon, Naphthalin, flüchtige organische Stoffe, Pflanzenextrakte sowie bestimmte Produkte, die während der Vegetation angewendet werden (Kleinkopf *et al.* 2003). Ethylen ist ein Gas mit einer für den Menschen sehr geringen Toxizität, so dass es in zahlreichen Ländern zur Keimhemmung von Kartoffeln eingesetzt wird (Daniels-Lake *et al.* 2011; Kleinkopf *et al.* 2003). Die Firma Restrain® vertreibt seit Anfang der 2000er Jahre einen sehr bedienungsfreundlichen Generator, der aus (flüssigem) Ethanol Ethylen erzeugt. Selbst wenn diese Technologie vielversprechend scheint, birgt

sie für die industrielle Lagerung einen entscheidenden Nachteil: Durch die Exposition der Knollen mit Ethylen wird die Zellatmung angeregt und die Umwandlung von Stärke in Zucker beschleunigt (siehe Referenzen in Daniels-Lake *et al.* 2005). Bei bestimmten Sorten, die für diese Zuckeranreicherung besonders anfällig sind, kommt es dadurch beim Frittieren zu braunen Verfärbungen (Daniels-Lake *et al.* 2011; Daniels-Lake *et al.* 2007; Daniels-Lake *et al.* 2005; Prange *et al.* 2005).

Diese Studie befasst sich mit den Wirkungen von CIPC und Ethylen (Restrainer®-Verfahren) auf den Gewichtsverlust in den Kühlräumen, auf die Keimung während und nach der Lagerung, auf die Entwicklung von Symptomen des Silberschorfs und/oder der Colletotrichum-Welkekrankheit sowie schliesslich auf bräunliche Verfärbungen beim Frittieren oder süsslichen Geschmack nach dem Dämpfen.

Material und Methoden

Zwischen 2011 und 2014 wurden während drei aufeinanderfolgenden Saisons in Kühllagern in der Schweiz gelagerte Kartoffeln untersucht. Der Versuch fand in zehn verschiedenen Kühllagern während den ersten beiden Saisons und in acht in der letzten Saison statt. Die Temperatur der Kühlräume wurde mit einem Temperaturregler konstant zwischen 4 und 5 °C gehalten und mit einer Temperatursonde kontrolliert (LogTag). Die Hälfte der Kühlräume wurde mit dem Ethylen-Generator Restrainer® ausgerüstet, während bei der anderen Hälfte die gelagerten Kartoffeln mit vernebeltem CIPC behandelt wurden. Während den ersten beiden Saisons befanden sich sechs Kühlräume (3 Restrainer® und 3 CIPC) in Zollikofen (BE) und die übrigen vier (2 Restrainer® und 2 CIPC) in Bätterkinden (BE). In der letzten Saison wurde der Standort Zollikofen zugunsten von Bercher (VD) aufgegeben (2 Restrainer® und 2 CIPC). In jedem Kühlraum wurden sechs Sorten gelagert: Amandine, Charlotte, Ditta, Gourmandine, Lady Felicia und Victoria, wobei sich jede Sorte in einer separaten Kiste (56*36*30 cm) befand. In >

Zusammenfassung

CIPC (Chlorpropham) ist der am häufigsten eingesetzte Stoff zur Hemmung der Keimung von Kartoffeln während der Lagerung. In jüngerer Zeit wurde ein neues Verfahren in die Schweiz eingeführt, bei dem Kartoffeln unter einer mit Ethylen angereicherten Atmosphäre (Restrainer®) gelagert werden. Die Wirksamkeit dieser beiden Verfahren wurde bei sechs Kartoffelsorten mit einer Lagerung in Gewerblichen Kühlräumen während drei Saisons in der Schweiz untersucht. Die beiden Methoden wiesen eine vergleichbare Wirkung auf. Beide gewährleisteten eine gute Keimhemmung während der Lagerung und gehen mit ähnlichen Gewichtsverlusten einher. Mit dem Frittieretest konnte nicht bestimmt werden, ob das Ethylen die Entstehung reduzierender Zucker beschleunigt, da die Stichproben bei einer tiefen Temperatur (zwischen 4 und 5 °C) gelagert wurden, was zu einer allgemeinen bräunlichen Verfärbung der Stichproben führte. Es wurde jedoch bei der Degustation der unter Ethylen gelagerten Kartoffeln häufiger ein süsser Geschmack festgestellt, was auf das Risiko einer Anreicherung mit Zuckern durch dieses Verfahren hindeutet. Für Kartoffeln, die zu Chips oder Pommes frites verarbeitet werden, wird deshalb von diesem Verfahren abgeraten. Bei den Degustationen der Stichproben konnte ausserdem eine sehr leichte geschmackliche Veränderung festgestellt werden, der Unterschied zu den mit CIPC behandelten Stichproben ist jedoch sehr gering. Schliesslich kann weder mit CIPC noch mit Ethylen die kontinuierliche Entwicklung der Symptome des Silberschorfs und Colletotrichum eingeschränkt werden. Dieser entwickelt sich während der Lagerung sehr schnell und erreicht ein hohes Befallsniveau.



Abb. 2 | Skala für die Verfärbung der Chips von 1 bis 9.

Tab. 1 | Für die Degustation verwendete Bewertungsskalen

Skala 1: allgemeine geschmackliche Bewertung	Skala 2: Wahrnehmung eines süsslichen Geschmacks
+2: guter Geschmack, einwandfrei	+2: sehr süss
+1: akzeptabler oder passabler Geschmack	
0: zweifelhafter oder auffälliger Geschmack, aber ohne Wahrnehmung des falschen Geschmacks	+1: leicht süss
-1: leicht falscher Geschmack	0: nicht süss
-2: ausgeprägt falscher Geschmack, nicht geniessbar	

jedem Lagerraum (Abb. 1) wurden die Kisten zufällig auf einer Palette angeordnet. Jede Kiste enthielt einen Netzsack mit rund 10 kg Kartoffeln zur Messung des Gewichtsverlusts sowie 25 kg lose Kartoffeln für verschiedene Analysen.

Während der Lagerungssaison wurden vier Stichproben entnommen. Die erste Stichprobennahme erfolgte bei der Einrichtung des Versuchs (19.10.2011; 23.10.2012 und 17.10.2013). Die weiteren drei Stichproben wurden in etwa zweimonatigen Intervallen durchgeführt, das heisst im Dezember (16.12.2011, 19.12.2012 und 10.12.2013), im Februar (15.02.2012, 13.02.2013 und 11.02.2014) und im April (5.04.2012, 23.04.2013 und 17.04.2014). Die Ergebnisse der ersten Stichprobe wurden nicht statistisch ausgewertet, da die Kartoffeln noch nicht der Keimhemmungsbehandlung ausgesetzt waren.

Bei jeder Stichprobennahme fanden drei verschiedene Beobachtungen statt. Erstens wurde das Fortschreiten der Keimung geprüft, indem die Anzahl Keime bei zehn Knollen pro Kiste ausgezählt und die Länge des längsten Keims bei diesen Knollen gemessen wurde. 2013 und 2014 erfolgte eine zusätzliche Beobachtung der Keimung, um die Nachwirkung der Behandlung nach der Lagerung zu untersuchen. Dazu wurde beim Lagerungsende eine Stichprobe von zehn Knollen aus jeder Kiste entnommen und während zwei beziehungsweise drei Wochen bei 12 °C aufbewahrt. 2013 fand eine Beobachtung zwei Wochen nach Lagerungsende statt und 2014 wurden drei Beobachtungen in wöchentlichem Abstand durchgeführt.

Zweitens wurde der Netzsack gewogen, um den Gewichtsverlust von einem Beobachtungszeitpunkt zum nächsten festzustellen. Drittens wurde die Entwicklung von Symptomen des Silberschorfs (*Helminthosporium solani* und/oder *Colletotrichum coccodes*) bei zwanzig Knollen pro Kiste untersucht, wobei der prozentuale Anteil befallener Knollen und der prozentuale Anteil, der von der Krankheit betroffenen Oberfläche geschätzt wurde. Zur Bewertung des Silberschorfbefalls berechneten wir einen Index, der die von Symptomen betroffene Fläche, das heisst das Ausmass des Befalls, sowie die Zahl der Knollen mit dem entsprechenden Befallsniveau

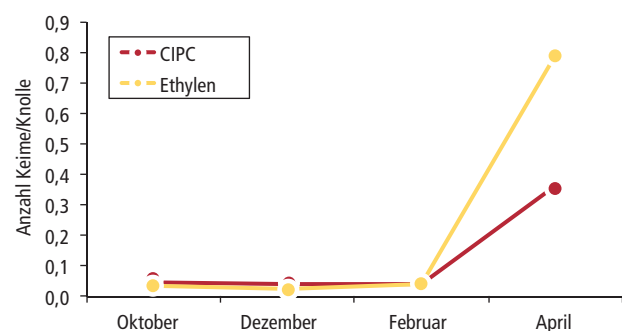
berücksichtigt. Es werden nach dem prozentualen Anteil der Knollenoberfläche, die von den Symptomen betroffen ist, fünf Befallsniveaus unterschieden: weniger als 20% = Niveau 0; 20–40% = Niveau 2; 40–60% = Niveau 4; 60–80% = Niveau 6 und 80–100% = Niveau 8.

$$Index = \sum_{i=1 \text{ bis } 5} (\text{Befallsniveau } (i) \times \text{Anzahl betroffene Knollen})$$

Zusätzlich wurde bei jeder Stichprobennahme von zwanzig Knollen im Zentrum eine dünne Tranche zur Untersuchung im Frittieretest entnommen (Protokoll IPB/Reckenholz). Mit diesem Test sollten entstandene Zucker über die Verfärbung der Chips nachgewiesen werden. Tatsächlich besteht eine enge Korrelation zwischen einer bräunlichen Verfärbung beim Frittieren und dem Zuckergehalt. Je dunkler die Chips gefärbt sind (schlechte Note), desto mehr reduzierende Zucker sind vorhanden (Abb. 2).

Schliesslich fand eine Degustation bei einer einzigen Stichprobe statt, die beim Auslagern entnommen wurde (Monat April). Diese kulinarische Bewertung wurde bei zwei Substichproben pro Sorte und pro Verfahren vorgenommen. Jede Substichprobe wurde von einer Jury aus vier oder fünf Personen degustiert (Tab. 1). Ziel dieser Degustation war es, einen allfälligen falschen oder süsslichen Geschmack aufzuspüren (Saison 2012–2013 und 2013–2014).

Die Varianzanalysen zu den Faktoren «keimhemmende Behandlung» und «Sorte» wurden mit der Software Statistica® (Statsoft, Tulsa, USA) gemäss einem

**Abb. 3 | Entwicklung der durchschnittlichen Anzahl Keime pro Knolle nach der gewählten Keimhemmungsbehandlung (Durchschnitt aus drei Lagerungsperioden).**

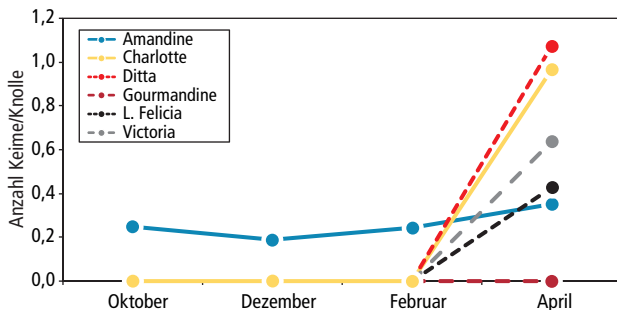


Abb. 4 | Entwicklung der Anzahl Keime pro Knolle nach Sorte (Durchschnitt aus drei Lagerungsperioden und zweier Behandlungsverfahren).

vollständig zufälligen Modell durchgeführt. Im Falle der Feststellung eines Sorteneinflusses ($p < 0,05$) wurde der Student-Newman-Keuls-Test zum Vergleich der Mittelwerte durchgeführt (Gomez & Gomez, 1984).

Resultate

Keimung während der Lagerung

Die vier Kontrollen der Keimung haben keinen signifikanten Unterschied zwischen der Behandlung mit Ethylen und CIPC bezüglich des prozentualen Anteils der gekeimten Knollen der Anzahl Keime pro Knollen (Abb. 3) sowie der durchschnittlichen Länge der Keime ergeben. Während sich die beiden Verfahren bei den ersten drei Stichproben praktisch nicht unterschieden, war ein (ebenfalls nicht signifikanter) Unterschied am Ende der Lagerung mit dem Einsetzen der Keimung festzustellen (Abb. 3). Zu diesem Zeitpunkt scheint die Ethylen-Behandlung die Keimung weniger effizient zu hemmen als CIPC.

Der Einfluss der Sorte ist ausgeprägter als der Einfluss der gewählten Behandlung: Es lässt sich feststellen, dass die Sorte Amandine bereits zu Lagerungsbeginn Keime aufweist (Abb. 4; $p < 0,001$). Allerdings ist nur eine Saison

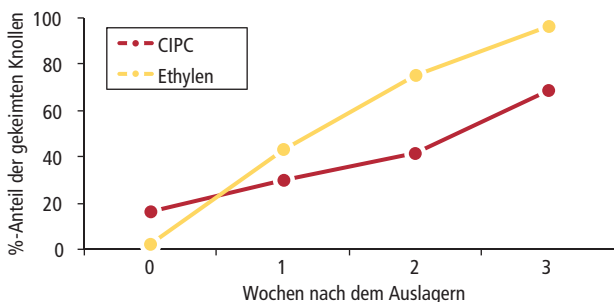


Abb. 5 | Entwicklung des prozentualen Anteils der gekeimten Knollen nach dem Auslagern nach der gewählten Keimhemmungsbehandlung (Lagerungssaison 2013–2014).

(2012-2013) von diesen bereits vor der Lagerung vorhandenen Keimen betroffen. Gleichwohl schreitet die Keimung während der Lagerung nur langsam fort (Abb. 4). Am Ende der Lagerung weist nur die Sorte Gourmandine keine Keime auf, bei allen anderen Sorten lässt sich der Keimungsbeginn erkennen (Abb. 4).

Keimung nach der Lagerung

Ab zwei Wochen nach dem Auslagern lassen sich Keimungsunterschiede je nach der gewählten Behandlung feststellen, wobei die Keimung bei den zuvor unter Ethylen gelagerten Kartoffeln schneller fortschreitet. Diese Unterschiede betreffen den prozentualen Anteil gekeimter Knollen, die Anzahl Keime pro Knolle sowie die Länge der Keime ($p < 0,001$). Dasselbe lässt sich auch drei Wochen nach dem Auslagern beobachten, zumindest was den prozentualen Anteil der gekeimten Knollen betrifft ($p < 0,01$; Abb. 5).

Ein Einfluss der Sorte lässt sich auch nach dem Auslagern feststellen (Abb. 6). Die Sorten Lady Felicia und Ditta keimen sehr rasch, während die Sorten Victoria, Amandine und Charlotte mit einer Woche Verzögerung folgen. Die Sorte Gourmandine keimt nach dem Auslagern am spätesten. Drei Wochen nach dem Verlassen des Lagers weisen jedoch auch bei dieser Sorte mehr 67% der Knollen Keime auf.

Gewichtsverluste beim Lagern

Die Gewichtsverluste während der Lagerung bei der CIPC- und bei der Ethylen-Behandlung betragen nach sechs Monaten Lagerung 0,60 respektive 0,58 kg pro 10 kg Kartoffeln ($p > 0,05$). Auch hier sind jedoch Unterschiede je nach Sorte festzustellen: Charlotte und Ditta verlieren nach zehn Monaten Lagerung mit 0,82 beziehungsweise 0,79 kg pro 10 kg signifikant mehr Gewicht als die anderen getesteten Sorten ($p < 0,001$).

Entwicklung des Silberschorfs während der Lagerung

Das für die Keimhemmung verwendete Produkt hatte keinen Einfluss auf die Entwicklung des Silberschorfs, weder in Bezug auf den prozentualen Anteil betroffener Knollen noch bezüglich der Befallsintensität ($p > 0,05$). Dagegen liessen sich Unterschiede in der Empfindlichkeit der verschiedenen Sorten feststellen. Nach sechs Monaten Lagerung lassen sich zwei Gruppen von Sorten klar unterscheiden ($p < 0,001$; Abb. 7): Eine Gruppe sehr Silberschorf anfälliger Sorten (Charlotte, Ditta, Gourmandine und Lady Felicia) mit prozentualen Anteilen infizierter Knollen von 94 bis 99% und eine weniger anfällige Gruppe mit den Sorten Amandine und Victoria, die einen prozentualen Anteil befallener Knollen von 71 beziehungsweise 76% aufwiesen.

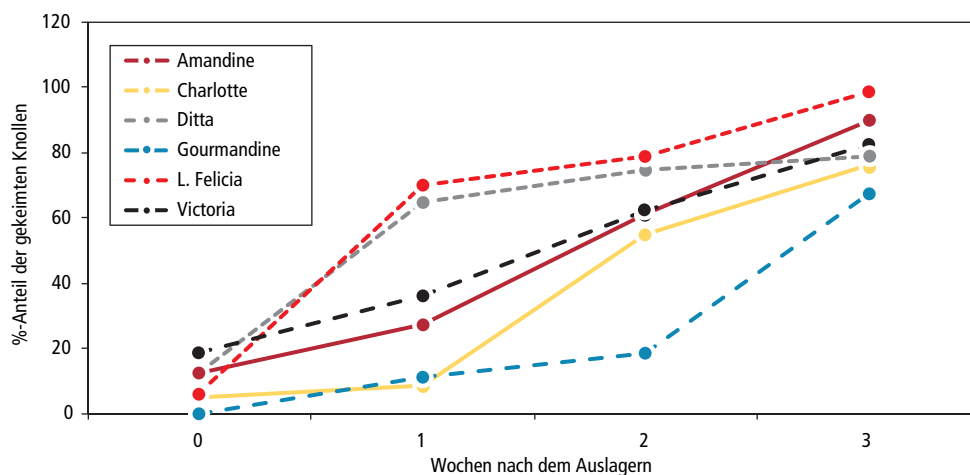


Abb. 6 | Entwicklung des prozentualen Anteils gekeimter Knollen nach dem Auslagern nach Sorte (Lagerungssaison 2013–2014 Durchschnitt von zwei Behandlungsverfahren).

Einfluss der Keimhemmungsbehandlung auf den Geschmack

Die mit CIPC behandelten Kartoffeln erreichten eine bessere allgemeine geschmackliche Bewertung ($p < 0,05$), aber die Unterschiede zwischen den beiden Behandlungen sind relativ gering (Abb. 8). Ein süßlicher Geschmack bei den Stichproben der mit Ethylen behandelten Kartoffeln war etwas ausgeprägter ($p < 0,01$), insbesondere bei solchen aus der Saison 2012–2013.

Bei den anderen Stichproben war ein süßlicher Geschmack kaum wahrnehmbar, weder nach der Ethylen- noch nach der CIPC-Behandlung (Abb. 8). Die sortenspezifischen Unterschiede sind ausgeprägter (Abb. 9). Ein falscher Geschmack wurde häufig bei der Sorte Gourmandine festgestellt ($p < 0,01$), während die Sorte Ditta einen stärkeren süßlichen Geschmack entwickelt ($p < 0,001$).

Einfluss der Behandlung auf Verfärbungen beim Frittieren

Eine deutliche Verfärbung der Chips ist ab dem ersten Beobachtungszeitpunkt (19. Oktober) festzustellen, mit Werten von 4 für die Sorte Amandine bis 6,5 für die Sorte Victoria. Im Allgemeinen wird ein Wert für die Verfärbung von über 7 als gut (helle Chips) erachtet. Die ausgeprägten tiefen Werte sind auf die zu tiefen Lagerungstemperaturen zurückzuführen: im Durchschnitt 9 °C am 19. Oktober, 4,5 °C am 20. Dezember, 4,4 °C am 15. Februar und 5,5 °C am 5. April. Tatsächlich begünstigt eine Lagerung bei tiefen Temperaturen im Allgemeinen die Produktion von reduzierenden Zuckern (Rousselle et al. 1996).

Die Sorte Victoria zeigt bessere Ergebnisse als die übrigen Sorten ($p < 0,05$ für alle Beobachtungszeitpunkte), abgesehen von der zweiten Beobachtung (16. Dezember), bei der ähnliche Verfärbungen wie bei der Sorte Charlotte festgestellt wurden (Abb. 10).

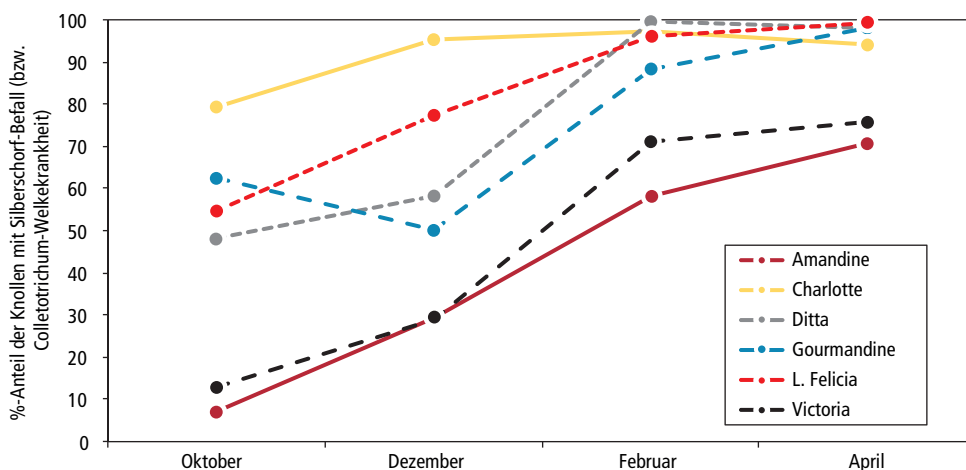


Abb. 7 | Entwicklung des prozentualen Anteils der Knollen mit Symptomen des Silberschorfs und/oder der Colletotrichum-Welkekrankheit nach Sorte.

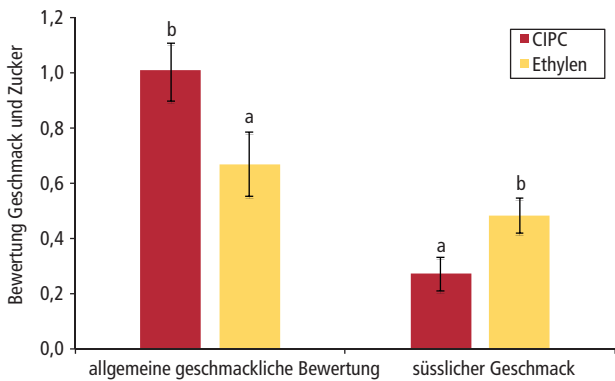


Abb. 8 | Allgemeine geschmackliche Bewertung und Wahrnehmung eines süßlichen Geschmacks von Kartoffeln bei Ethylen- beziehungsweise CIPC-Behandlung.

Ein Vergleich der Verfärbungen der Chips zeigt für beide Keimhemmungsverfahren sehr ähnliche Ergebnisse und der Unterschied schwächt sich mit der Lagerungsdauer ab. So lässt sich am 16. Dezember ein signifikanter Unterschied beobachten, mit durchschnittlich helleren Chips nach einer CIPC-Behandlung ($p < 0,05$), am 15. Februar ist dieser Unterschied nur noch sehr gering ($p = 0,04$) und verschwindet am 5. April ganz ($p > 0,05$).

Diskussion

Die beiden Methoden stellen eine gute Keimhemmung während der Lagerung bis April sicher. Die länger anhaltendere Wirkung des CIPC erklärt sich mit den nach der Lagerung noch in den Kartoffeln vorhandenen minimalen Rückständen (Ezekiel und Singh 2008). Diese Rückstände wirken auch nach der Entnahme aus den Kühlräumen weiter hemmend auf die Keimung. Unsere Versuche zeigten, dass die keimhemmende Wirkung von Ethylen

nach der Lagerung der Kartoffeln weniger lang anhielt. Diese sehr flüchtige Substanz bleibt nicht in den Kartoffeln zurück und verliert nach dem Auslagern der Kartoffeln jede keimhemmende Wirkung.

Der Gewichtsverlust war bei beiden geprüften Keimhemmungsverfahren identisch. Ethylen beschleunigt die Zellatmung bei der Kartoffel (Reid und Pratt 1972). Das lässt aufgrund eines erhöhten Wasserverbrauchs und einer intensiven Abgabe von Kohlendioxid einen verstärkten Gewichtsverlust erwarten. Es wurde jedoch kein nennenswerter Gewichtsverlust beobachtet, wahrscheinlich weil die Kartoffeln bei einer tiefen Temperatur gelagert wurden, was eine Verlangsamung der Stoffwechselaktivitäten und damit auch der Zellatmung in den Knollen zur Folge hatte.

Gemäss den Ergebnissen der Frittierests beschleunigt die Lagerung unter einer mit Ethylen angereicherten Atmosphäre die Produktion reduzierender Zucker nicht signifikant. Bei der Interpretation dieses Ergebnisses ist allerdings eine gewisse Vorsicht angebracht. Denn Ethylen ist ein natürliches Phytohormon, das die Alterung bekanntermassen beschleunigt (Lathe *et al.* 1995). Zudem geht die Alterung eines Kartoffelknollens mit der Produktion reduzierender Zucker einher (Rousselle *et al.* 1996). Aus diesem Grund hat Ethylen die Tendenz, die Produktion reduzierender Zucker innerhalb der Knollen anzutreiben und dadurch unerwünschte Verfärbungen beim Frittieren zu verursachen (Daniels-Lake *et al.* 2007; Daniels-Lake *et al.* 2005; Prange *et al.* 2005). Diese Vorgänge scheinen von den Degustationen bestätigt zu werden, die bei den mit Ethylen behandelten Kartoffeln einen etwas stärkeren süßlichen Geschmack feststellten. Es ist möglich, dass keine visuellen Unterschiede bei den bräunlichen Verfärbungen durch das Frittieren beobachtet werden konnten, >

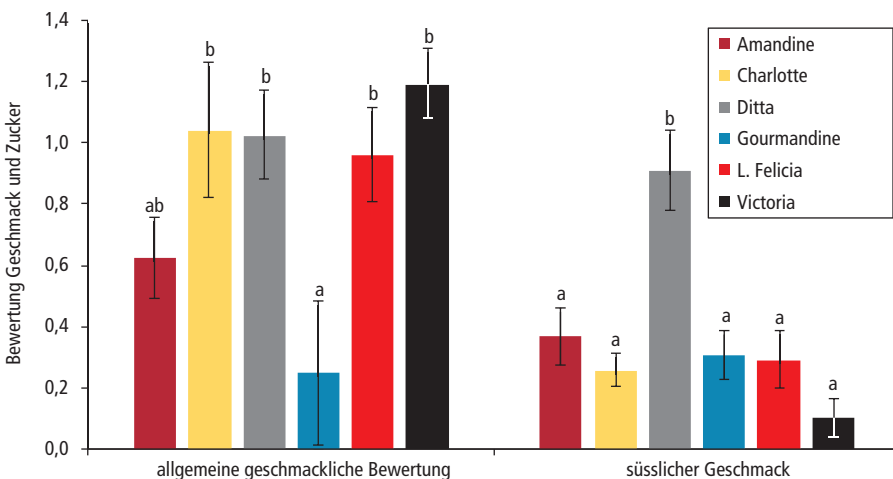


Abb. 9 | Allgemeine geschmackliche Bewertung und Wahrnehmung eines süßlichen Geschmacks bei den sechs getesteten Kartoffelsorten.













Sorte\Behandlung	Ethylen (Restrainer®)	CIPC
Amandine		
Charlotte		
Ditta		
Gourmandine		
Lady Felicia		
Victoria		

Abb. 10 | Beispiele von Fotos, die nach dem Frittiertest aufgenommen wurden. Die Proben stammen aus zwei Kühlräumen in Zollikofen und wurden am 16. Dezember 2011 entnommen (Foto: Roger Wüthrich).

weil die Lagerungstemperaturen zu tief waren (zwischen 4 und 5 °C), was eine allgemeine bräunliche Verfärbung beim Frittieren begünstigt (Abb. 10).

Weder CIPC noch Ethylen hemmen die Entwicklung von Symptomen des Silberschorfs und der Colletotrichum-Welkekrankheit. Die Anwendung von Ethylen scheint nicht wirksam gegenüber dieser Krankheit zu sein, die sich während der Lagerung schnell entwickeln kann (INRA *et al.* 2008; Radtke und Rieckmann. 1991).

Während CIPC den Geschmack der Kartoffeln nicht verändert (Boylston *et al.* 2001), weisen unter Ethylen gelagerte Stichproben etwas häufiger einen falschen Geschmack auf als mit CIPC behandelte Kartoffeln. Dieser Unterschied ist jedoch sehr gering und spricht nicht gegen eine Ethylen-Anwendung bei der Lagerung von Kartoffeln für den Frischmarkt.

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse zeigen, dass die beiden getesteten Keimhemmungsmethoden ähnliche Wirkungen auf die Lagerung von Kartoffeln haben, die für den Frischmarkt vorgesehen sind. Wegen dem grösseren Risiko für bräunliche Verfärbungen von Kartoffeln, die unter einer mit Ethylen angereicherten Atmosphäre gelagert werden, wird von dieser Keimhemmungsmethode bei der Lagerung von Verarbeitungskartoffeln abgeraten, die industriell zu Pommes frites oder Chips verarbeitet werden.

Dank

Die Autoren danken der Genossenschaft fenaco für die finanzielle Unterstützung dieser Studie.

Riassunto

Confronto tra etilene e clorprofam per lo stoccaggio delle patate

Il CIPC (o clorprofam) è il prodotto più utilizzato per controllare la germinazione delle patate durante l'immagazzinamento. In Svizzera è recentemente comparsa una nuova tecnica di stoccaggio in atmosfera arricchita di etilene (procedimento Restrain®). In Svizzera, l'efficacia di questi due metodi è stata confrontata, nel corso di tre stagioni di stoccaggio, su sei varietà di patate conservate all'interno di diversi frigoriferi commerciali. I due metodi presentano effetti equiparabili. Entrambi assicurano un buon controllo della germinazione durante lo stoccaggio e comportano perdite di peso di simile entità. Il test di frittura non ha permesso di determinare se l'etilene accelera la produzione di zuccheri riduttori, in quanto i campioni sono stati conservati a bassa temperatura (tra 4 e 5 °C), con conseguente imbrunimento generalizzato dei campioni. Tuttavia, è stato rinvenuto più spesso un gusto zuccherato degustando le patate immagazzinate sotto etilene, dato che indica un rischio di accumulo di zuccheri insito in questa procedura. Tale metodo è pertanto sconsigliato per le patate destinate alla trasformazione in patatine imbustate o in patatine fritte. Le degustazioni dei campioni hanno altresì permesso di rilevare una leggerissima alterazione del gusto delle patate immagazzinate sotto etilene, tuttavia la differenza rispetto ai campioni immagazzinati sotto CIPC è minima. Infine, né il CIPC né l'etilene consentono di limitare lo sviluppo dei sintomi di scabbia argentea e di *Colletotrichum*, che si sono diffusi molto rapidamente durante lo stoccaggio fino ad attaccare i tuberi a livelli importanti.

Literatur

- Boylston T. D., Powers J. R., Weller K. M. & Yang J., 2001. Comparison of sensory differences of stored Russet Burbank potatoes treated with CIPC and alternative sprout inhibitors. *American Journal of Potato Research* 78 (2), 99–107.
- Campbell M. A., Gleichsner A., Alsbury R., Horvath D. & Suttle J., 2010. The sprout inhibitors chlorpropham and 1,4-dimethylnaphthalene elicit different transcriptional profiles and do not suppress growth through a prolongation of the dormant state. *Plant Molecular Biology* 73 (1–2), 181–189.
- Daniels-Lake B. J., Pruski K. & Prange R. K., 2011. Using Ethylene Gas and Chlorpropham Potato Sprout Inhibitors Together. *Potato Research* 54 (3), 223–236.
- Daniels-Lake B. J., Prange R. K., Kalt W. & Walsh J. R., 2007. Methods to Minimize the Effect of Ethylene Sprout Inhibitor on Potato Fry Colour. *Potato Research* 49, 303–326.
- Daniels-Lake B. J., Prange R. K., Nowak J., Asiedu S. K. & Walsh J. R., 2005. Sprout development and processing quality changes in potato tubers stored under ethylene: 1. Effects of ethylene concentration. *American Journal of Potato Research* 82 (5), 389–397.
- Ezekiel R. & Singh B., 2008. Effect of Cooking and Processing on CIPC Residue, Concentrations in Potatoes and Processed Potato Products. *Potato Research* 50, 175–184.
- Green A., 2009. *Pesticide Properties DataBase (PPDB)*. University of Hertfordshire. Zugang: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/index2.htm> [15.01.2015]
- INRA, SPV, CNIPT & GIPT, 2008. Guide Pratique des Maladies, Ravageurs et Désordres de la Pomme de Terre. INRA 192 p.
- Kleinkopf G. E., Oberg N. A. & Olsen N. L., 2003. Sprout inhibition in storage: Current

Summary

Comparison of ethylene and chlorpropham for potato storage

CIPC (or chlorpropham) is the most commonly used product for controlling potato sprouting during storage. A new technique involving storage in an ethylene-enriched atmosphere (the Restrain® process) has been recently implemented in Switzerland. The efficacy of these two methods was compared in Switzerland during three storage seasons over six potato varieties stored in different commercial storage facilities. The two methods produce comparable effects: both ensure good control of sprouting during storage and lead to comparable weight losses. The frying test did not reveal whether ethylene hastens the production of reducing sugars, since the samples were stored at low temperature (between 4 and 5 °C), which resulted in their generalised crisp's browning. Nevertheless, a sweet taste was more frequently detected in tastings of potatoes stored under ethylene, indicating a risk of sugar accumulation for this treatment. Consequently, this method is not recommended for potatoes intended for processing into crisps or French fries. Tastings of the samples have also revealed a very slight change in the taste of potatoes stored in an ethylene atmosphere, although the difference compared to the samples stored under CIPC is minimal. Lastly, neither CIPC or ethylene is capable of limiting the development of symptoms of silver scurf and black dot. Symptoms of both fungi developed very rapidly during storage, with significant levels of infestation being reached at the end of the storage period.

Key words: potato, storage, CIPC, chlorpropham, ethylene.

- status, new chemistries and natural compounds. *American Journal of Potato Research* 80 (5), 317–327.
- Kleinkopf G. E., Brandt T. L., Frazier M. J. & Moller G., 1997. CIPC residues on stored Russet Burbank potatoes. 1. Maximum label application. *American Potato Journal* 74 (2), 107–117.
- Latche A., Ayub R., Martinez G., Guis M., Ben Amor M., Rombaldi C., Pech J.C. & Bouzayem M., 1995. Biosynthèse et mode d'action de l'hormone végétale éthylène. *Fruits* 50 (5), 379–396.
- Lentz-Rizos C. & Balokas A., 2001. Residue levels of chlorpropham in individual tubers and composite samples of postharvest-treated potatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49 (2), 710–714.
- Noël S., Huyghebaert B., Weickmans B. & Pigeon O., 2005. Bilan de l'étude de l'hétérogénéité de l'application des traitements anti-germinatifs au chlorprophame (CIPC) sur pommes de terre. I: Journée d'étude Pomme de terre (CRA-W éd.), Gembloux.
- Prange R. K., Daniels-Lake B. J., Jeong J. C. & Binns M., 2005. Effects of ethylene and 1-methylcyclopropene on potato tuber sprout control and fry color. *American Journal of Potato Research* 82 (2), 123–128.
- Radtke W. & Rieckmann W., 1991. Maladies et ravageurs de la pomme de terre, 168 p.
- Reid M. S. & Pratt H. K., 1972. Effects of ethylene on potato tuber respiration. *Plant Physiology* 49 (2), 252–255.
- Rousselle P., Robert Y. & Crosnier J. C., 1996. La pomme de terre. INRA, Paris. 606 p.
- Singh B. & Ezekiel R., 2010. Isopropyl N-(3-chlorophenyl) Carbamate (CIPC) Residues in Potatoes Stored in Commercial Cold Stores in India. *Potato Research* 53 (2), 111–120.