

Karin Hassenberg, Werner B. Herppich, Christine Idler, Antje Fröhling, Petra Popelar, Martin Geyer und Oliver Schlüter, Potsdam-Bornim

Ozontes Wasser zur Qualitätssicherung bei Waschlöhren

Möhren werden vor dem Abpacken gewaschen, um den anhaftenden Schmutz zu entfernen und für den Verbraucher ansprechend aufzubereiten. Dabei besteht die Gefahr, dass stark mit Mikroorganismen belastete Möhren gesunde infizieren. Eine effektive Desinfektion des Waschwassers ist unbedingt notwendig, etwa durch Ozonzusatz. Ozon wirkt bakterizid, fungizid und bildet keine gefährlichen Rückstände. Andererseits könnte Ozon die Produkte schädigen, da es ein starkes Oxidationsmittel ist. Die keimreduzierende Wirkung von ozontem Waschwasser auf den Verursacher der Knollennassfäule wurde untersucht und überprüft, ob praxisrelevante Ozonkonzentrationen die Produkte schädigen.

Die Autoren sind Mitarbeiter des Leibniz-Instituts für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V., Max Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam (Wissenschaftlicher Direktor: Prof. Dr. R. Brunsch); e-mail: khassenberg@atb-potsdam.de

Die Arbeiten zu diesem Forschungsprojekt werden vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (KF 0096309KMD3) gefördert.

Schlüsselwörter

Möhren, ozontes Wasser, Produktqualität

Keywords

Carrots, ozonized water, quality of product

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 05611 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

Die Vermarktungsnormen für frisches Obst und Gemüse fordern als Mindesteigenschaften unter anderem, dass die Produkte "sauber" und "praktisch frei von sichtbaren Fremdstoffen sind" [1]. Für viele Produkte ist dies nur zu erreichen, wenn sie sorgfältig gewaschen werden. Ziel des Waschens ist aber nicht nur die Entfernung von Bodenpartikeln, es dient auch zur Reduzierung der Produkttemperatur und der mikrobiellen Belastung. Eine Vielzahl von Konzepten wurde dazu seit geraumer Zeit untersucht. Neben Ultraschall, Bestrahlung (UV-C, γ), Hochdruck, elektrolysiertem Wasser, Hitzebehandlung und Chlor wurde der Einsatz von Ozon vorgeschlagen [2, 3]. Die bakterizide und fungizide Wirkung von gasförmigem oder in Wasser gelöstem Ozon ist durch zahlreiche Studien belegt [4, 5]. Ozon kann relativ leicht in bestehende Waschprozesse integriert werden und bildet keine gefährlichen Rückstände, die kostenintensiv aufbereitet und entsorgt werden müssen.

Ozon ist ein starkes Oxidationsmittel, das den Stoffwechsel der behandelten Produkte beeinflussen [6] und auch schädigen kann und damit die Qualität und die Haltbarkeit reduziert [7]. Es muss sichergestellt sein, dass die zu behandelnden Produkte durch das Ozon nicht geschädigt werden.

Speziell für Wurzelgemüse stellt die Knollennassfäule, verursacht durch das Bakterium *Pectobacterium carotovora* spp., eine

große Gefahr dar und kann zu Totalausfällen der Ernte führen. Der Befall mit *P. carotovora* spp. resultiert in Gewebsauflösung [8], da dieser Fäulniserreger Enzyme ausscheidet, welche die Pektine der Mittellamelle zwischen den Wänden benachbarter Pflanzenzellen zerlegen.

Ziel der Untersuchungen war, die keimreduzierende Wirkung von ozontem Waschwasser auf *P. carotovora* in Reinkultur und auf Waschlöhren aufzuzeigen. Es sollte auch geklärt werden, dass praxisrelevante Ozonkonzentrationen im Waschwasser die Möhren nicht schädigen. Dazu wurden deren Atmung, Transpirationseigenschaften und Vitamin C Gehalt untersucht.

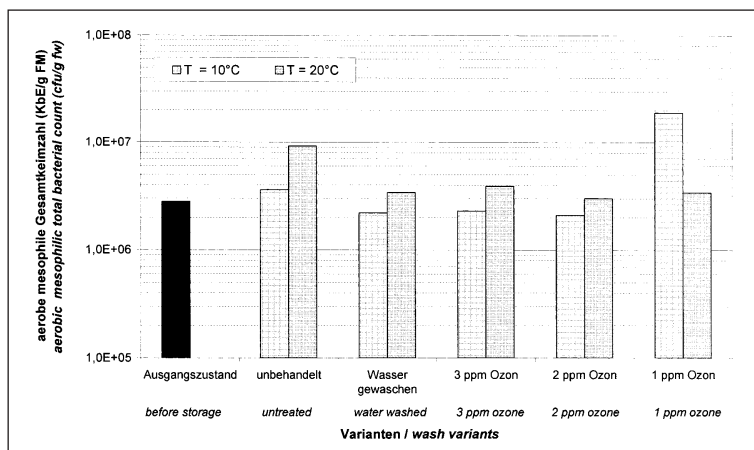
Material und Methoden

Ozontes Wasser wurde mit dem Ozongenerator "Bewazon 1" (BWT Wasser Technik Schriesheim, BRD) erzeugt. Die Ozonmessung erfolgte mit dem Photometer LASAR 2plus und dem dazugehörigen Chlor/Ozon Küvettestest (Bruno Lange, BRD).

10 μ l einer Suspension von *Pectobacterium carotovora* (DSMZ 30168) wurde mit 10 ml ozontem Wasser (4 ppm) oder 10 ml Aqua dest. vermischt. Die Endkeimzahl in den Lösungen betrug $1,3 \cdot 10^5$ KBE/ml. Nach Einwirkzeiten von 10, 20 und 30 Sekunden wurden die Lösungen für je eine Minute auf einem Schüttler geschüttelt, um verbliebenes Ozon zu zerstören. Die Pro-

Bild 1: Gesamtkeimzahlen der Möhren nach zehntägiger Lagerung bei 10 und 20°C im Vergleich zur Ausgangskeimzahl

Fig. 1: Microbial counts of carrots after storage (10 d) at 10°C and 20°C



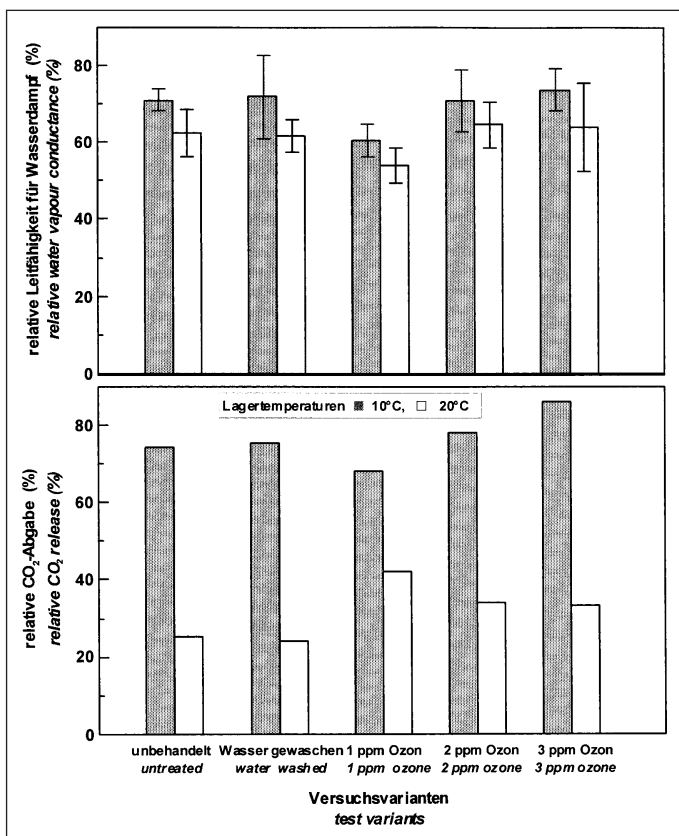


Bild 2: Relative Leitfähigkeit für Wasserdampf und relative CO₂ Abgaberrate (%; jeweils bezogen auf den Ausgangswert vor der Einlagerung) der Möhren nach einer zehntägigen Lagerung bei 10°C und 20°C

Fig. 2: Relative vapour conductance and relative CO₂ release rates (%; related to initial values measured before storage) of carrots after ten day storage at 10°C and 20°C, respectively

ben wurden nachfolgend aliquot verdünnt, auf Mac-Concey-Agar Platten (Merck, BRD) ausplattiert und bei 25°C für zwei Tage inkubiert. Das Experiment wurde zweimal wiederholt.

Frische Bundmöhren wurden in einem lokalen Supermarkt erworben. Je drei Möhren wurden unbehandelt (Referenz 1), in Wasser (Referenz 2) sowie in ozontem Wasser ($c(O_3) = 1, 2, 3$ ppm) für 30 Sekunden im Durchfluss gewaschen und dann für zehn Tage in wasserdampfgesättigter Atmosphäre bei 10°C oder 20°C gelagert. In dieser Zeit wurden sie wiederholt bonitiert.

Die aeroben mesophilen Gesamtkeimzahlen (GKZ) wurden vor und nach der Behandlung und nach zehn Tagen Lagerung ermittelt. Die Möhren wurden dazu steril zerkleinert, 10 g Probenmaterial mit 90 ml Ringerlösung vereint, aliquot verdünnt, auf PCA Platten (Merck, BRD) ausplattiert und bei 25°C für zwei Tage inkubiert.

Die CO₂-Abgabe intakter Möhren wurde in einem geschlossenen System mit Infrarotsensoren (FYA600CO₂, Ahlborn Mess- und Regeltechnik, BRD) bestimmt. Aus der Erhöhung der CO₂-Konzentration über einen definierten Zeitraum in verschlossenen Plexiglaszylindern und der Möhrenfrischmasse wurde die Atmungsaktivität ($mg_{CO_2} kg^{-1} h^{-1}$) errechnet. Die Transpiration ($mmol_{H_2O} kg^{-1} min^{-1}$) wurde aus dem Wasserverlust während der Lagerung unter kontrollierten Umweltbedingungen durch wiederholtes Wägen der einzelnen Möhren erfasst. Aus den Transpirationsraten und den entsprechenden Daten von Luft- und Möhrentemperaturen und Feuchte der Umgebungsluft wurde die Leitfähigkeit für Wasserdampf berechnet [9].

Für die Vitamin C Bestimmung wurde jede Möhre der Länge nach halbiert. Der Vitamin C Gehalt der einen Möhrenhälfte wurde gemessen, nachdem diese für 30 Sekunden in 2 l Wasser gewaschen wurde, die der zweiten Hälfte, nach dem Waschen für 30 Sekunden in 2 l ozontem Wasser ($c(O_3) = 1, 1,5, 2, 2,5$ und 3 ppm). Der Fruchtsaft wurde durch das Entsaften in einem herkömmlichen Entsafter erhalten, filtriert und mit destilliertem Wasser verdünnt (1:2). Die Vitamin C Bestimmung erfolgte mit dem Testset "Reflequant" (Merck, BRD).

Ergebnisse

Unabhängig von den getesteten Einwirkzeiten (10, 20 und 30 s) wurde nach der Behandlung der Bakterien suspensionen mit ozontem Wasser kein Bakterienwachstum auf den Agarplatten beobachtet. Dies belegt die starke bakterizide Wirkung von Ozon gegenüber *P. carotovora*. Eine Ozonkonzentration von 4 ppm resultierte bereits nach einer Kontaktzeit von zehn Sekunden in der Reduzierung der GKZ von $1,3 \cdot 10^5$ Kbe/ml auf weniger als 10^2 Kbe/ml. Diese Keimzahl stellt auch die Nachweisgrenze der Methode dar.

Die Ausgangskeimzahl der Möhren betrug $2,8 \cdot 10^6$ Kbe/g. Nach zehntägiger Lagerung bei 20°C lagen die Keimzahlen aller bei 20°C gelagerten Möhren erwartungsgemäß etwas über denen der bei 10°C gelagerten Varianten mit Ausnahme der Behandlung mit 1 ppm Ozon. Verursacht werden die höheren Keimzahlen durch bessere Wachstumsbedingungen bei der höheren Lager-temperatur (Bild 1). Die unbehandelte Vari-

ante zeigte den größten Keimgehalt nach der Lagerungszeit. Andererseits hat Waschen mit ozontem Wasser offensichtlich keinen größeren unspezifischen keimtötenden oder -hemmenden Effekt als das Tauchbad in reinem Wasser. Das bedeutet, dass die natürliche Flora der Möhren durch eine Ozonbehandlung bis 3 ppm nicht beeinträchtigt wird. Dies ist positiv zu werten, da beispielsweise in der Trinkwasseraufbereitung ein verstärktes Aufkeimen der verbliebenen Mikroorganismen beobachtet wird, hervorgerufen durch die Bioverfügbarkeit der abgetöteten Keime [10].

Die Leitfähigkeit für Wasserdampf und die Atmungsaktivität, dargestellt anhand der CO₂-Abgaberraten aller untersuchten Möhren, nahmen mit der Lagerung ab, allerdings unabhängig von der Art der Behandlung und von der Ozonkonzentration (Bild 2). Auch auf den Vitamin C Gehalt hatten die unterschiedlichen Behandlungen und die untersuchten Ozonkonzentrationen keinen Einfluss (Daten hier nicht aufgeführt). Kontinuierliches Begasen von Lagermöhren mit Ozon führt dagegen zu deutlichen Schädigungen und damit zu unerwünschten Qualitätsverlusten [7]. So wird oft berichtet, dass Ozonschädigungen eine erhöhte Atmungsaktivität der Produkte bedingen [6]. Eine Zerstörung des dem Ozon direkt ausgesetzten Abschlussgewebes hätte auch eine Erhöhung der Wasserdampfleitfähigkeit bewirkt. Die vorgestellten Ergebnisse belegen damit, dass eine kurzzeitige Desinfektionsbehandlung durch Tauchen in Ozonlösung bis 3 ppm Ozonkonzentration keinen negativen Einfluss auf die physiologische Leistungsfähigkeit und damit die innere Produktqualität hat.

Fazit

Der Zusatz von Ozon zum Waschwasser ($c(O_3) = 4$ ppm) bewirkt eine sofortige Reduzierung von *P. carotovora* von etwa drei log-Einheiten in Suspension. Der Behandlungserfolg verringerte sich bei inokulierten Möhren (unveröffentlichte Daten) im Vergleich zur Behandlung einer Keimsuspension auf ein bis zwei log-Einheiten.

Der Vitamin C Gehalt, die Atmung und die Oberflächenleitfähigkeit von Möhren wurden durch ozontes Wasser (bis 3 ppm) und Behandlungszeiten von 30 Sekunden nicht beeinflusst. Auch die natürliche Flora der Möhren zeigte keine negativen Auswirkungen. Das belegt, dass ozontes Wasser eine effektive, aber dennoch schonende Möglichkeit zur Desinfektion von Gemüsewaschwasser darstellt.